

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

Obor N3106

Textilní a oděvní technologie

Katedra oděvnictví

**NÁVRH METODIKY HODNOCENÍ SPLÝVAVOSTI Z HLEDISKA  
3D GEOMETRIE DEFORMACE SPLÝVAJÍCÍ TEXTILIE**

**CREATION OF THE METHODIC OF FABRIC  
DRAPEABILITY EVALUATION IN CONSIDERATION OF THE 3D  
GEOMETRY OF DRAPING FABRIC DEFORMATION**

**Kateřina Štáfková**

**KOD/2009/02/5/MS-navazující**

**Vedoucí práce: Ing. Lea Farská**

Počet stran textu: 74

Počet obrázků: 20

Počet tabulek: 9

Počet příloh: 3

## Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 5. ledna 2009

.....

Podpis

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala Ing. Lee Farské za konzultace a vedení při řešení mé diplomové práce, a především za pomoc při tvorbě v programu Matlab®. Také bych ráda poděkovala svým rodičům za finanční i psychickou podporu nejen v průběhu studia, ale také v průběhu řešení mé diplomové práce.

## **Anotace**

V této diplomové práci je zpracován přehled standardních i nestandardních metod hodnocení splývavosti textilií. Jsou zde popsány principy některých metod a dále pak jsou uvedeny popisy přístrojů a vztahu, jejichž pomocí lze u alternativních metod hodnotit splývavost textilií.

Cílem práce je vytvoření metodiky hodnocení splývavosti plošných textilií z hlediska 3D geometrie s využitím Fourierovy analýzy dat.

## **Klíčová slova**

Splývavost textilií, 3D geometrie, koeficient splývavosti, Fourierova analýza dat, FFT.

## **Annotation**

This diploma thesis elaborates an overview of standard and non-standard methods of drape evaluation. This thesis describes principles of selected methods and in addition it introduces an apparatuses and formulas used for measuring and classification of fabric drape-ability.

The aim of this thesis is creation of method for the fabric drape-ability evaluation in consideration of 3D geometry of draping fabric deformation with usage of Fourier analysis

## **Key word**

Fabric drape-ability, 3D geometry, drape coefficient, Fourier analysis, FFT.

## Seznam použitých zkratek

DC	- koeficient splývavosti (drape coefficient)
DC <sub>s</sub>	- koeficient splývavosti statický
DC <sub>d</sub>	- koeficient splývavosti dynamický
DC <sub>r</sub>	- koeficient splývavosti rotační
Rd	- poměrná splývavá vzdálenost
DP	- profil splývavosti
R <sub>1</sub>	- poloměr původního vzorku ( $R_1=150$ mm)
R <sub>2</sub>	- poloměr podpěrné čelisti ( $R_2=90$ mm)
S <sub>a</sub>	- plocha průmětu splývající textilie
S <sub>1</sub>	- plocha podpěrné čelisti ( $S_1=25\,446,9$ mm <sup>2</sup> )
S <sub>2</sub>	- plocha původního vzorku ( $S_2=70\,685,83$ mm <sup>2</sup> )
FFT	- rychlá Fourierova transformace (Fast Fourier Transformation)
DFT	- diskrétní Fourierova transformace
2D	- dvojrozměrné zobrazení
3D	- trojrozměrné zobrazení
Matlab	- Matrix Laboratory počítačový program
Obr.	- obrázek
Tab.	- tabulka

## Obsah

Obsah .....	8
Úvod .....	10
1. Splývavost.....	11
2. Metody hodnocení splývavosti .....	13
2.1 Standardní metody hodnocení splývavosti .....	14
2.1.1 Měření splývavosti plošných textilií průmětem podle ČSN 80 0835.....	14
2.1.2 Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemeteru .....	15
2.2 Nestandardní metody hodnocení splývavosti .....	17
3. Přehled alternativních metod hodnocení splývavosti .....	18
3.1 Subjektivní hodnocení splývavosti .....	18
3.2 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy.....	18
3.3 Poměrná splývavá vzdálenost.....	19
3.4 Dynamická splývavost.....	21
3.5 Virtuální simulace 3D splývavosti textilií .....	22
3.5.1 Simulace splývavosti .....	23
3.6 Měření splývavosti pomocí 3D Body Scanneru .....	26
3.7 Modelování profilu splývavosti .....	29
4. Fourierova transformace .....	33
4. 1 Stanovení parametrů splývavosti pomocí Fourierovy analýzy.....	35
5. Metodika s využitím 3D zobrazení pomocí Fourierovy analýzy dat.....	38
5.1 Měřicí zařízení a postup měření splývavosti textilie .....	38
5.2 Analýza postupu navrhované metodiky hodnocení splývavosti.....	41
5.2.1 Úprava nasnímaných dat a vykreslení jednotlivých vrstev .....	41
5.2.2 Rozvin obrysu vrstev splývající textilie do polárních souřadnic .....	42
5.2.3 Stanovování stupně splývavosti pomocí frekvenčních intervalů.....	43
5.2.4 Porovnání hodnocení koeficientu splývavosti dle Cusicka a nově navržené metody .....	53
5.3 Vliv tvaru splývající textilie na frekvenční charakteristiky FFT .....	55
5.3.1 Vliv tvaru splývající textilie na výšku frekvenční charakteristiky .....	55
5.3.2 Zkoumání vlivu tvaru splývavosti na frekvenční charakteristiky v různých vrstvách.....	62

5.3.3	Porovnání frekvenčních charakteristik v různých vrstvách vzhledem k počtu vln .....	72
	Závěr .....	73
	Seznam použité literatury .....	74

## Úvod

Splývavost textilií je jednou ze základních vlastností plošných textilií. Tato vlastnost popisuje tvarovou stálost, a kromě toho také ovlivňuje vzhled textilie. Ovlivňuje také nás jako výrobce při výběru textilního materiálu, ale také jako spotřebitele při výběru již hotového výrobku.

Během posledního desetiletí mnoho badatelů vyvinulo různé metody a přístroje k popsání splývavosti textilie. Definice splývavosti každého badatele se liší, ale podstata zůstává stále stejná. C.C. Chu v roce 1950 definoval splývavost jako vlastnost, která charakterizuje textilní materiály, které samy dokáží splývat do vln a záhybů, a to za působení gravitace na nepodepřenou část materiálu.

V první části práce je zpracován přehled standardních a nestandardních metod měření splývavosti a jsou popsány některé alternativní metody, zdokonalované v průběhu let.

V druhé části je popsán návrh nové metodiky, která se zabývá nejen stanovením stupně splývavosti pomocí Fourierovy analýzy dat, ale dále je také sledováno chování frekvenčních charakteristik vzorků vzhledem ke tvaru splývajícího vzorku.



# TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Splývavost

V současnosti se v literatuře objevuje mnoho definic splývavosti. Každý, kdo se zabývá hodnocením splývavosti, definuje splývavost jinak. Mimo jiné můžeme nalézt také definici doc. Ing. J. Staňka, CSc. z Technické univerzity v Liberci. Ta nám říká, že splývavost je: „*Schopnost textilie vytvářet prostorovou deformaci ve tvaru záhybů zaobleného tvaru, kterých se dosáhne upnutím textilie do kruhové horizontální čelisti.*“

[1]

Ve všech literaturách se však o splývavosti píše jako o důležité vlastnosti textilních materiálů. Splývavost popisuje tvar, do kterého se materiál bude deformovat pod svou vlastní tíhou. Při hodnocení splývavosti je vždy část materiálu podepřena libovolným povrchem a část nepodepřená, která bude splývat do tvaru, který mu umožní vlastnosti textilního materiálu. Splývavost hraje důležitou roli při vybírání vhodného materiálu pro daný oděv a ovlivňuje mimo jiné také vzhled dokončeného výrobku. Pro představu, materiál vybraný pro oblek by měl vykazovat menší splývavost, zatímco textilie pro dámské prádlo by měla vykazovat splývavost větší.

Splývavost je v mnoha případech definována jako poslušnost chování výrobku vzhledem k ohýbání, a to bez jakékoli vnější síly, pouze pod vlivem vlastní měrné hmotnosti textilie, která má za následek trojrozměrné deformace. Pro tyto deformace textilních výrobků jsou rozhodující specifické vlastnosti nejen textilie, ale i použitého materiálu.

Vlastnosti, které ovlivňují splývavost textilie nejvíce, jsou:

- vlastnosti přízí a vláken použitých při výrobě textilie
- geometrické vlastnosti textilie
- mechanicko-fyzikální vlastnosti textilie

[2]

Splývavost bývá hodnocena subjektivně (esteticky) nebo objektivně (mechanicky). Splývavost textilie je hodnocena na základě koeficientu splývavosti, který udává míru deformace splývající textilie. Koeficient splývavosti byl definován jako procento celkové plochy prstencového kruhu materiálu s ohledem na zastíněnou

oblast, získanou nárysem stínu splývajícího vzorku. Vysoký koeficient splývavosti označuje malé deformace, naproti tomu malý koeficient označuje velké deformace splývající textilie, záleží ovšem na autorovi metody. Dle metody Staňka vysoký koeficient splývavosti označuje velké deformace a naopak. [3]

## 2. Metody hodnocení splývavosti

Metody hodnocení splývavosti dělíme na dvě části:

1. Standardní metody hodnocení splývavosti
2. Nestandardní metody hodnocení splývavosti

Proces výzkumu splývavosti textilních materiálů začal již na konci 19. století. Z počátku se vědci zabývali splývavostí v souvislosti výzkumu a následném vývoji vzducholodí. Z textilního hlediska by pro nás prvním zajímavým výzkumem splývavosti mohlo být představení nejzákladnějšího přístupu měření. Tím se již v roce 1930 zabýval německý vědec Pierce, který představil svou *metodu převislého konce*. Metoda je založena na měření tenkého obdélníkového vzorku textilie, který je uchycen mezi dvěma plochami (měřicím stolem a kovovým pravítkem). Pomocí kovového pravítka se pak vzorek materiálu posune přes měřicí stůl tak, že volný konec vzorku samovolně klesne pod tíhou své vlastní váhy. Ohýbající se vzorek textilie vytváří určitou hranu, jejíž odklon od roviny stolu je v určité závislosti na vlastnostech textilie. Vlastní měření se provádí na třech vzorcích materiálu a to jak ve směru osnovy, tak ve směru útku. Pomocí měřicího pravítka se změří vzdálenost splývající hrany od roviny stolu. Výsledkem měření je sinus splývavého úhlu  $\phi$ , který je označován jako DA (drape angle).

Metoda převislého konce je široce využívána v průmyslových laboratořích, ale je také využívána pro teoretická studia splývavosti. Metoda je jednoduchá a poměrně přesná. Metoda byla používána jako metoda pro nepřímý odhad splývavosti textilie. Tato metoda má, jako každá jiná, nejen svůj klad, ale také zápor či by se dalo říci nedostatek. Tímto nedostatkem je to, že pomocí této metody jsme schopni měřit pouze dvojrozměrné chování textilních materiálů. Ve skutečnosti je z hlediska geometrie jev splývavosti trojrozměrný. [4]

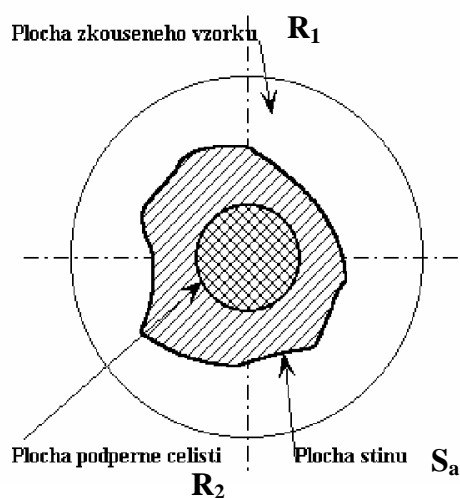
## 2.1 Standardní metody hodnocení splývavosti

Standardní metody jsou metody běžně používané v praxi a jsou standardizované v normách. Jedná se především o metody deskové, kdy se kruhový vzorek materiálu položí na dvě kruhové desky rozdílných velikostí. Vzorky musí být vyžehlené, bez záhybů, které by jinak mohly nepříznivě ovlivnit tvar splývajícího materiálu. Standardní metody hodnocení splývavosti jsou:

1. Měření splývavosti plošných textilií průmětem podle ČSN 80 0835
2. Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemeteru
3. Měření splývavosti netkaných textilií
4. Měření splývavosti pomocí I.T.F. Drapemeteru

### 2.1.1 Měření splývavosti plošných textilií průmětem podle ČSN 80 0835

Tato metoda z roku 1972 definuje splývavost textilie jako schopnost vytvářet esteticky působící záhyby při zavěšení v prostoru. Tyto záhyby jsou tedy výsledkem prostorové deformace. Stejně jako většina metod je i tato metoda založena na stanovení změny tvaru kruhového vzorku při zavěšení v prostoru. Vzorek je upnut v kruhové čelisti a jeho volné okraje splývají do prostoru. Takto splývající vzorek se promítne do roviny kruhové čelisti a plocha průmětu se porovnává s plochou původního vzorku (obr.1).



Obr. 1 Zobrazení průmětu splývavého vzorku

Plocha průmětu (stínu) je označena jako  $S_a$ . Koeficient splývavosti DC se vypočítá ze vztahu:

$$DC = \frac{\pi R_1^2 - S_a}{\pi R_1^2 - \pi R_2^2} \times 10^2 \quad (1)$$

kde  $R_1$  - je poloměr původního vzorku

$R_2$  - je poloměr podpěrné čelisti

$S_a$  - je plocha průmětu (stínu) splývající textilie

[1]

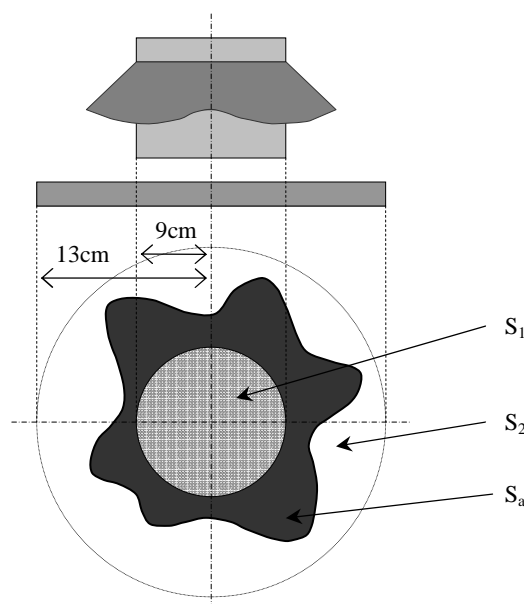
### 2.1.2 Měření splývavosti pomocí F.R.L. Drapemeteru

Od roku 1930 prošla splývavost nejedním zkoumáním. V roce 1950 představil Chu a jeho kolektiv nový přístroj, též nazývaný výzkumnou laboratoří textilií. Tento F.R.L. drapemeter je založen na trojrozměrném splývání vzorku materiálu. Právě Chu zavedl k výpočtu míry splývavosti termín koeficientu splývavosti, což je bezrozměrná veličina a je využívána dodnes. Koeficient splývavosti, jak již bylo výše zmíněno, je definován jako procento celkové plochy kruhového vzorku textilie, s ohledem na zastíněnou plochu, získanou nárysem stínu splývajícího materiálu vzorku, jak je ukázáno na obr.2.

[4]

Koeficient splývavosti podle Chu :

$$DC = \frac{S_a - S_1}{S_2 - S_1} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$



Obr.2 Zobrazení výpočtu koeficientu splývavosti DC

Samotný Chu se svým kolektivem F.R.L. drapemeter dále upravoval. V roce 1964 se začal úpravami drapemeteru zabývat také Cusick. Konečný název Drapemeter představuje nástroj, obsahující centrálně umístěný disk, který slouží jako horizontální podpora textilie. Kruhový vzorek o větším průměru je na tento disk centrálně umístěn. Cusick popsal splývavost jako deformaci nepodepřené části materiálu způsobenou gravitací a vlastní tíhou. Nad drapemetrem je umístěno vertikální paralelní světlo, získané z bodového zdroje světla. Drapemeter je umístěn na horizontální skleněné desce. Přes průhledný podstavec a skleněnou desku se na horizontální stůl pod skleněnou deskou promítne stín splývající textilie. [3]

S postupujícími léty se drapemetry technicky zdokonalovaly. V tabulce č.1 můžeme vidět vývoj drapemeteru. Parametry jednotlivých drapemeterů se technicky liší. Liší se např. ve velikostech měřených vzorků, zaznamenávání tvaru, zdroje světla, ale také ve způsobu a době měření. F.R.L. Drapemeter používal pro měření vzorky o průměru 25 cm, pro zaznamenávání tvaru splývajícího vzorku se používalo speciálního pera a doba měření byla 1 minuta. Cusickův drapemeter používal vzorky o průměru 30 cm, což se zachovalo dodnes, a tvar vzorku se zaznamenával ručně.

Tab. 1 Vývoj drapemeteru

<b>1950</b>	Original F.R.L.Drapemeter
	Vylepšený F.R.L. Drapemeter
<b>1964</b>	Cusickův drapemeter
<b>1977</b>	BTRA Drapemeter
<b>1993</b>	Vývoje Univerzity Marathwada, Univerzity v Severní Karolíně aj.

[5]

## 2.2 Nestandardní metody hodnocení splývavosti

Nestandardní metody hodnocení splývavosti jsou alternativní metody, které většinou doplňují metody standardní. Vyznačují se netradičním způsobem měření. Jsou to např. metody:

1. Metoda splývavosti použitím divergentního světla
2. Metoda vážení
3. Měření splývavosti dynamicky
4. Měření rotačního koeficientu splývavosti
5. Měření splývavosti podle Hanuse
6. Měření podle L. Sodomky
7. Měření metodou rozstříhaných krajů
8. Metoda B. J. Jevdokimova a A. K. Bucharoveje
9. Subjektivní hodnocení splývavosti
10. Měření splývavosti přes ostrý roh
11. Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy
12. Měření hloubky převisu
13. Měření pomocí DHL Drapemeteru
14. Měření splývavosti za použití 3D Body Scanneru

### **3. Přehled alternativních metod hodnocení splývavosti**

#### **3.1 Subjektivní hodnocení splývavosti**

Splývavost textilie byla původně hodnocena na pohled, na dotek textilie rukou nebo jako visící z podstavce, který poskytoval představu, jak textilie z podstavce spadá pod vlastní tíhou a vytváří vlny a jak veliké a pravidelné vlny jsou. Estetické vlastnosti textilií nebyly nijak objektivně definovány a měřeny až do roku 1970, kdy byl vyvinut Kawabatův KES-FB Systém pro kvalifikaci materiálů. Při studiu zaměřeném na módu v průběhu 20. století si můžeme povšimnout, že móda velice ovlivňuje použité materiály. V 60-tých letech býval oděvní styl geometrický a tuhý. Až později, v 90-tých letech, se staly populárními splývavé textilie pro pohyblivou linii oděvu. Subjektivní hodnocení textilních materiálů, co se týká splývavosti, závisí tedy na pocitech lidského vnímání a také na módních trendech dané doby. Protože se názory jednotlivých hodnotitelů mohou rozcházet z důvodu osobní předpojatosti a módního stylu, obecně se uznává, že subjektivní metody hodnocení splývavosti mohou být nevěrohodné.

#### **3.2 Měření splývavosti pomocí obrazové analýzy**

Tak jako byl F.R.L. Drapemeter vylepšen rukou Cusicka, byl později i Cusickův drapemeter vylepšen rukou mladších vědců.

Těmito úpravami Cusickova drapemeteru se zabývali Vangheluwe a Kiekense (1993), Baxes (1994) a Rodel a kol. (2000), kteří nově využili počítačové obrazové analýzy. Úprava přinesla lepší přesnost a efektivnost, s jakou může být vytvořena lepší analýza geometrie splývavého obrazu. Úpravy spočívaly především v připojení kamery k původnímu drapemeteru. Ta byla centrálně umístěna nad vzorek materiálu a její výstup byl zaznamenáván počítačem, vybaveným programem obrazové analýzy.

První metoda měření splývavosti pomocí obrazové analýzy dle Vangheluwa a Kiense byla založena na jednoduchém spočítání počtu pixelů, které vyplňovaly vyprojektovaný stín splývajícího materiálu vzhledem k počtu pixelů celkové plochy obrazu. Nevýhodou ovšem bylo, že pokud byl jen nepatrně změněn směr obrazu vůči kameře, metoda mohla dát rozdílné hodnoty koeficientu splývavosti.



Druhá metoda podobně jako předchozí využívala ke svému měření pixelů. Celkový obraz zaznamenaný kamerou se skládal z  $512 \times 512$  pixelů. Každému pixelu byla přiřazena hodnota ze škály šedé stupnice o rozsahu 0-255 bodů. Je nutné podotknout, že obrazová analýza není nijak ovlivněna barvou materiálu. Digitalizovaný obraz byl poté převeden ze šedé stupnice do binárního (černo-bílého) obrazu, ze kterého byly následně odstraněny nežádoucí stíny obrazu z pozadí. Následovala operace tzv. broušení, kdy byla eliminována nepravidelnost jednotlivých pixelů objektu. Po této operaci byly hledány hranice mezi stínem textilie a centrálním diskem drapemeteru (mezi  $S_a$  a  $S_1$  na obr.2) a hranici mezi stínem textilního materiálu a jeho vnější oblastí stínu (mezi  $S_2$  a  $S_a$  na obr.2). Použitím popisu této hranice se pomocí softwaru vypočítala projektovaná plocha centrálního kruhu na drapemeteru a oblast stínu splývavého vzorku. Z těchto hodnot bylo dle vzorce č. 3 vypočítána hodnota koeficientu splývavosti podle definice ukázané na obr.1 (Baxes 1994). [3,6]

$$DC = \frac{S_a - S_1}{S_2 - S_1} \times 100 \quad [\%] \quad (3)$$

Systém obrazové analýzy umožňuje měřit koeficient splývavosti stejného vzorku pro různé časové intervaly. Z těchto hodnot může být pozorována relaxace splývavosti textilie. Jako první uvedl časovou závislost koeficientu splývavosti Chu a kol. (1950). Více byla časová závislost na koeficientu splývavosti měřena nedávno Vangheluwem a Kiekensem (1993). Jejich data ukazují, že koeficient splývavosti se postupem času snižuje. Vangheluwe a Kiekens navrhli, že časová závislost udává skluz mezi osnovou a útkem pod vlivem tíhy. Je pravděpodobné, že snížení koeficientu splývavosti vyplývá z relaxace mechanických vlastností textilního materiálu. [3]

### 3.3 Poměrná splývavá vzdálenost

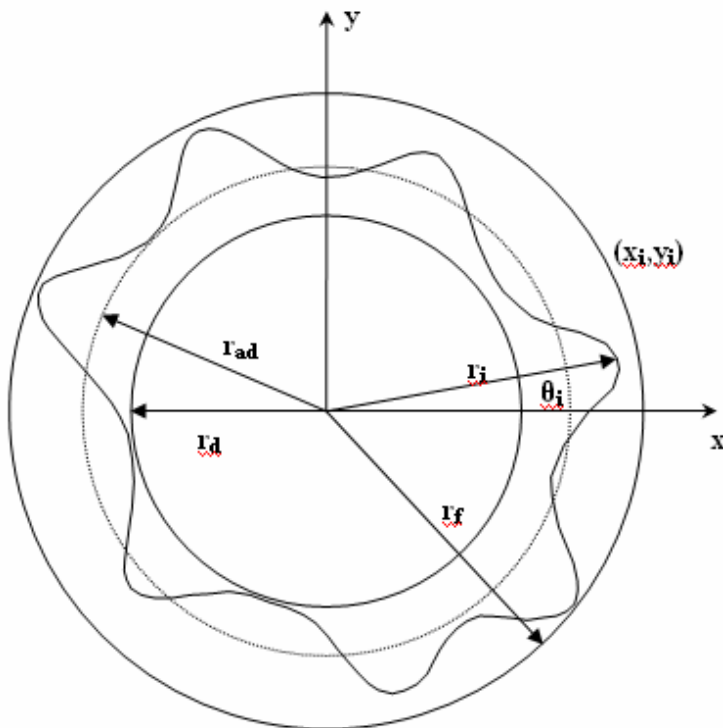
Další metodou je poměrná splývavost Jeonga (1998), která je navrhována jako alternativa ke koeficientu splývavosti. Hodnota poměrné splývavé vzdálenosti narůstá, pokud je textilie flexibilnější. Je to vlastně opak koeficientu splývavosti, u kterého s flexibilnější textilií hodnota koeficientu splývavosti klesá. Na obr. 3 jsou zobrazeny

parametry poměrné splývavé vzdálenosti. Pro výpočet  $R_d$  můžeme použít následující vztah:

$$R_d = \left[ \frac{(r_f - r_{ad})}{(r_f - r_d)} \right] \times 100 \quad [\%] \quad (4)$$

kde  $r_f$  – poloměr vzorku materiálu před zavěšením;  
 $r_d$  – poloměr disku drapemeteru;  
 $r_{ad}$  – průměrná vzdálenost k okraji splývavé textilie  
 $\theta_i$  – úhel v  $i$ -tém bodě  
 $R_d$  – poměrná splývavá vzdálenost  
 $r_i$  – poloměr v  $i$ -tém bodě.

Souřadnice  $x_i = r_i \cos\theta_i$ ,  $y_i = r_i \sin\theta_i$ .



Obr. 3 Definice poměrné splývavé vzdálenosti  $R_D$

[7]

### 3.4 Dynamická splývavost

Splývavé chování textilií ve statickém stavu bylo pozorováno mnoha vědci. Objevilo se ale také několik vědců, kteří se zapojili do výzkumu dynamického splývavého chování materiálů. Matsudaira, Yang, Qin a Yan z Univerzity Kanazawa v Japonsku prodiskutovali různé aspekty dynamické splývavosti.

Vědci Matsudaira a Yang přišli v roce 1977 na to, že klasický statický koeficient splývavosti  $DC_s$  by mohl být měřen systémem obrazové analýzy s vysokou přesností a reprodukovatelností. V roce 1998 pak Yang a Matsudaira odvodili regresní rovnici pro výpočet koeficientu splývavosti pro izotropní a anizotropní materiály. Dále pak analyzovali vliv základních mechanických parametrů textilie na statický tvar splývavosti, a to pomocí počítačové simulace.

Před rokem 2000 pak definovali rotační koeficient splývavosti  $DC_r$ . Ten byl definován při rychlosti 200 ot/min, při které se nadzvedávají okraje materiálu a vzorek je pak analyzován pomocí regresní analýzy.

V roce 2001 tito dva vědci definovali dynamický koeficient splývavosti s kolébavým pohybem  $DC_d$ , který je podobný pohybům lidského těla při chůzi.

Testovací přístroj, sestavený jako pokus pro měření dynamické splývavosti textilií, můžeme vidět na obr. 4. Přístroj je sestavený z kruhového podpěrného podstavce, který je schopen rotovat rychlostí v rozsahu od 0 do 240 ot/min. Podstavec může nejen rotovat různými rychlostmi, ale může se také otáčet ve zpětném směru a v libovolném úhlu.



Obr. 4 Dynamický drapemeter

Aby bylo dosaženo stálé splývavosti, vzorky rotují rychlostí 100 ot/min. Při tomto stavu jsou zachycovány dvou-dimenzionální obrazy, které jsou zachycovány v časových intervalech 1/30 sekundy. K popsání koeficientu splývavosti se obraz sejme CCD kamerou o velikosti obrazu  $512 \times 512$  bodů. Následně se vypočítá plocha a projektovaná oblast. Z naměřené oblasti je vypočítán dynamický DC. Dynamický DC ( $DC_d$ ) se mění ve splývavých tvarech ve výkyvném pohybu. Jestliže je  $DC_d$  velký, splývavý tvar se lehce změní malou silou, srovnatelnou se silou vanutí slabého větru, nebo kývavým pohybem lidského těla.

Vzorec pro výpočet dynamického DC:

$$DC_d = \left[ \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{(\pi R_1^2 - \pi R_0^2)} \right] \times 100 \quad [\%] \quad (5)$$

kde  $D_d$  – dynamický DC;

$S_{\max}$  – maximum projektované plochy v úhlu otočení;

$S_{\min}$  – minimum projektované plochy v úhlu otočení;

$R_0$  – poloměr kruhového stojanu;

$R_1$  – poloměr vzorku látky

[7]

### 3.5 Virtuální simulace 3D splývavosti textilií

Vzhledem ke složitosti textilních struktur a chování textilií, a také jak v posledním desetiletí pokračují inovace vláken a materiálů, je velice obtížné přesně nasimulovat splývavost textilních výrobků. Nástroje oděvní simulace vytváří virtuální reprezentaci uspořádání splývavých textilních objektů. Pomáhají tak designérům při rozhodování, kterou textilií, styl a vzor zvolit pro daný výrobek ještě před samotnou konstrukcí. Kompletní simulace a 3D obraz splývavosti různých textilií může být uskutečněn použitím mechanických vlastností materiálů.

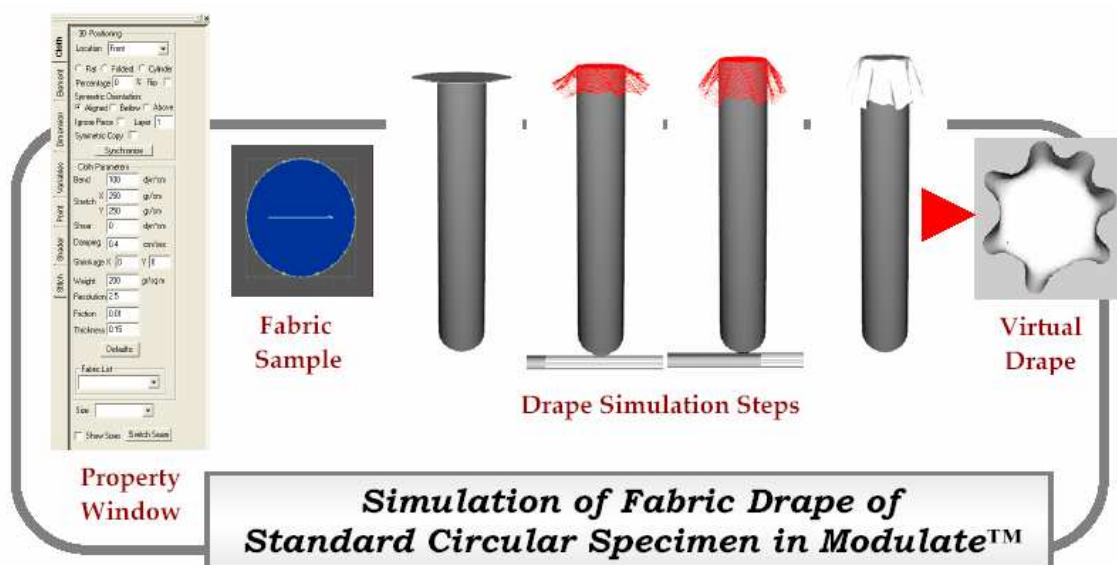
### 3.5.1 Simulace splývavosti

Literatura, která se zabývá virtuální 3D splývavostí, začíná nejdříve zkoumat vliv mechanických vlastností textilií na simulaci splývavosti. Výzkum simulace je řízen počítačovou grafikou, která se řídí heslem: „Pokud to vypadá správně, je to správně.“ (House a Breen, 2000). V roce 1994 Breen a kol. použil data odvozená díky měření vlastností textilií pomocí systému Kawabata, aby vylepšili rovnice simulované splývavosti. Pak vizuálně porovnali simulace a fotografie skutečných vzorků splývající přes stejný tvar podstavce.

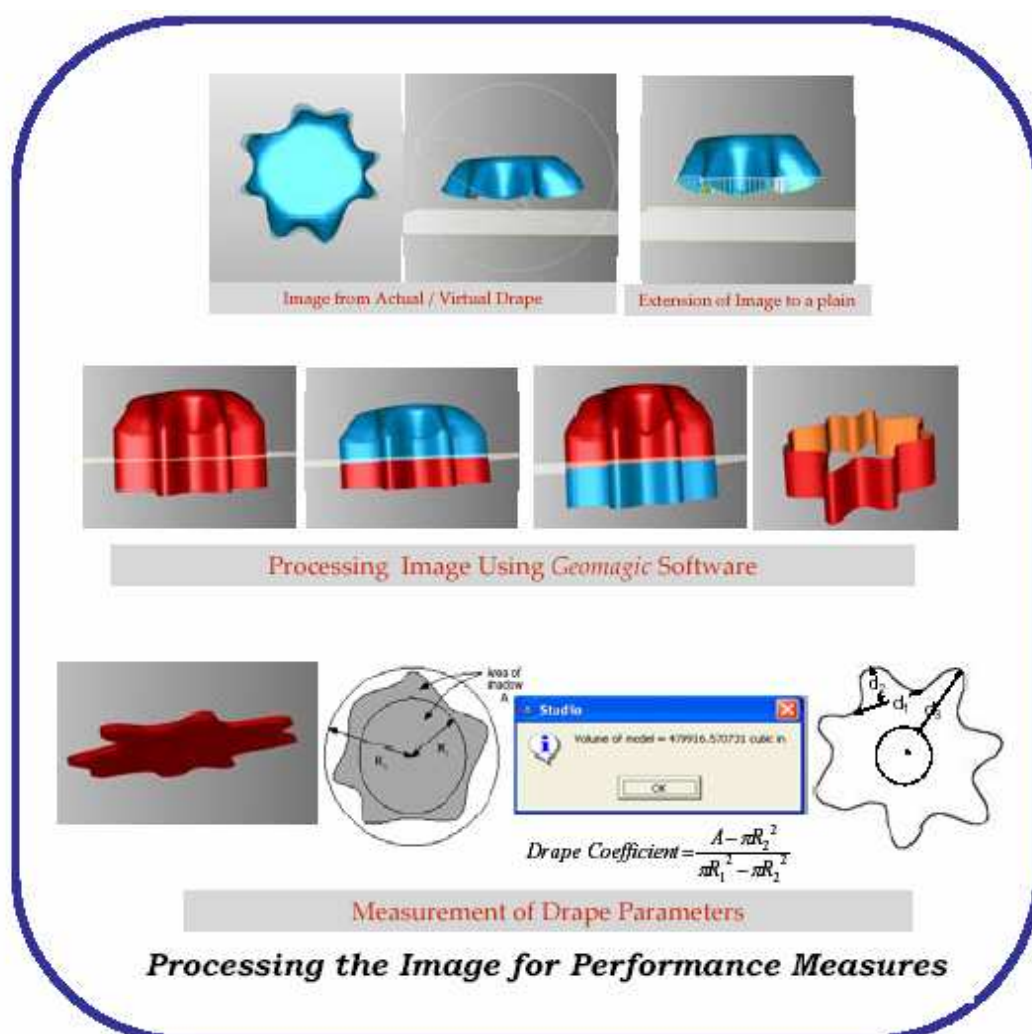
Simulací splývavosti se zabývali taky Kenkare a May-Plumlee (2005) z univerzity v Severní Karolíně, USA. Ti pro simulaci splývavosti použili software pro splývavost textilií *Modulate<sup>TM</sup>* od společnosti Optitex. Tento software využívá jako vstupní parametry textilií data, která byla získána testováním na systému Kawabata. Pomocí softwaru *Geomagic<sup>TM</sup>* se pak charakterizovaly splývavé obrazy, aby se následně mohly porovnat s tvarem splývavosti skutečného experimentu. To vše probíhá s ohledem na ohybovou charakteristiku, hmotnost a stříh jako vstupních parametrů pro simulaci.

Hlavním cílem tohoto zkoumání bylo analyzovat kruhové vzorky osmnácti textilií se širokým spektrem struktur a vyvinout set vhodných porovnávacích standardů. Bylo použito bodového mraku dat z 3D Body Scanneru a ke zpracování byl použit software *Geomagic<sup>TM</sup>*. Na obr. 5 můžeme vidět získaný digitalizovaný virtuální model splývající textilie, a na obr. 6 postup zpracování obrazu pro provedení měření.

Následovalo hodnocení simulace těchto osmnácti různých textilií za použití koeficientu splývavosti, počtu a rozsahu vln v porovnání se skutečnou splývavostí.

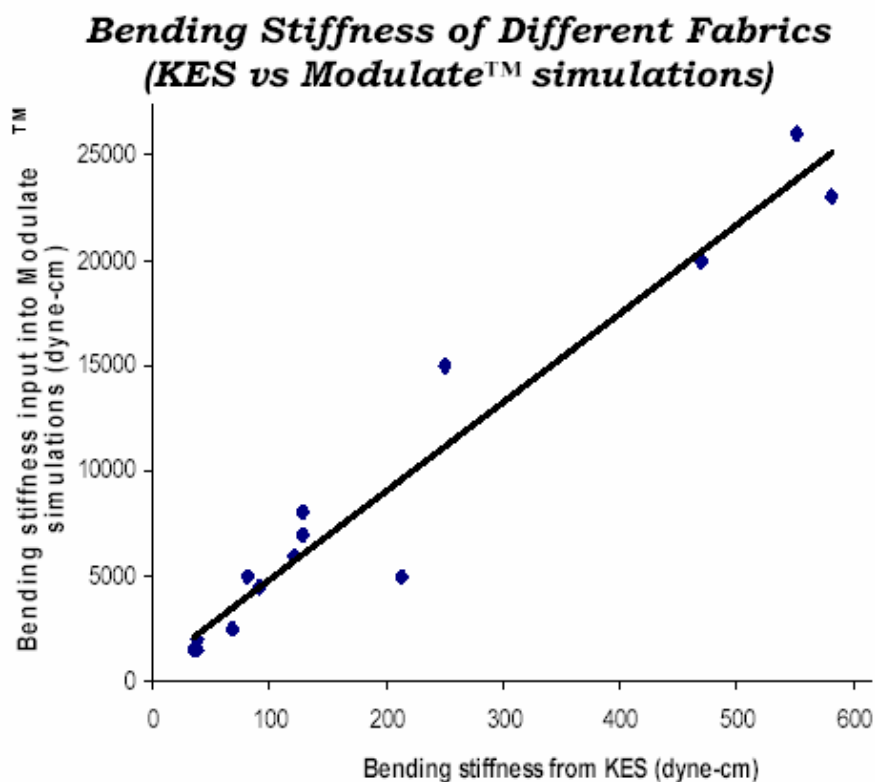


Obr. 5 Simulace splývavosti textilie v softwaru Modulate™



Obr. 6 Zpracování obrazu pro provedení měření

Opakované testování ukázalo, že různost míry splývavosti v porovnání se skutečnou splývající textilií je méně než 20%. Byl sestaven graf (obr. 7), který ukazuje závislost mezi ohybovou tuhostí odvozenou z výsledků testu na Kawabata systému a hodnotou ohybové tuhosti použité pro simulaci.

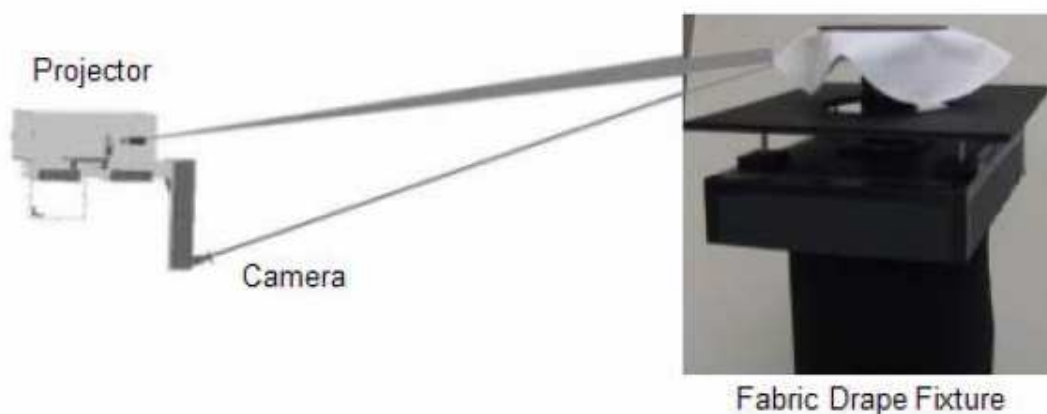


Obr. 7 Graf závislosti mezi ohybovou tuhostí z KES a softwaru Modulate™

[8]

### 3.6 Měření splývavosti pomocí 3D Body Scanneru

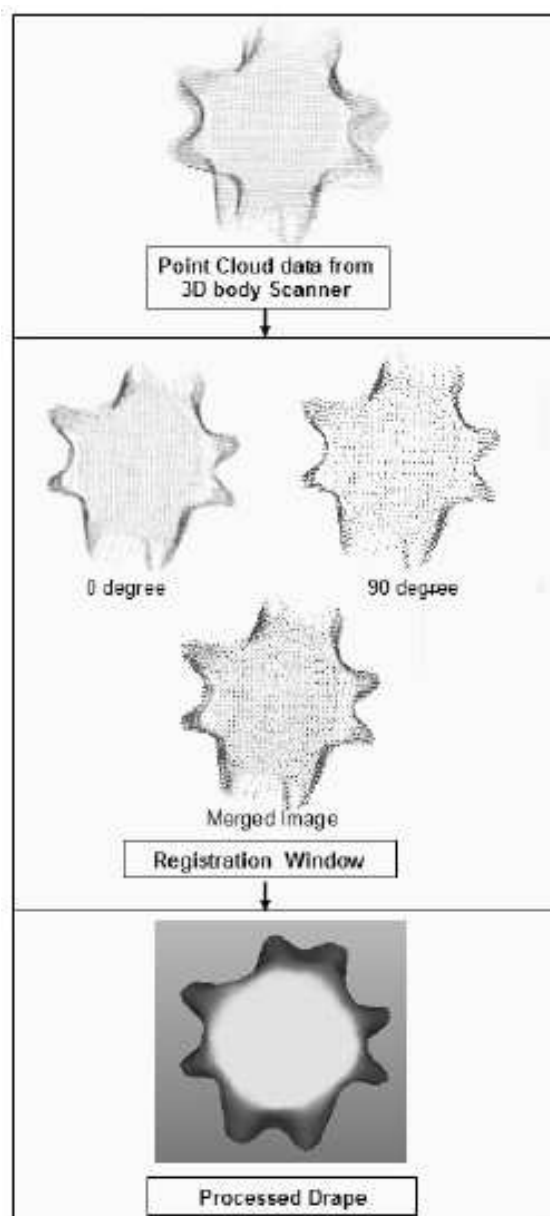
Další alternativní metodu měření splývavosti představují Traci May-Plumlee a Jeffrey W. Eischen (2004). Metoda je založena na snímání kruhového vzorku textilního materiálu, umístěného na kruhovém disku drapemetru, pomocí 3D Body Scanneru. Na obr. 8 je ukázáno připevnění vzorku textilie na kruhovém disku drapemetru, který umožňuje splývání textilie stejně jako Cusickův drapometr. Přibližně 12 sekund trvá zachycení tzv. bodového mraku dat splývajícího vzorku. Zachycený bodový mrak dat je následně zpracován pomocí softwaru Geomatic™ a je vygenerován 3D povrch skenovaného objektu. Z nasnímaných dat zpracovaných v programu Geomatic™ může být zjištěn koeficient splývavosti i další užitečné parametry spojené se splývavostí, např. hloubka vlny a šířka vlny.



Obr. 8 Splývající kruhový vzorek textilie a jeho upevnění

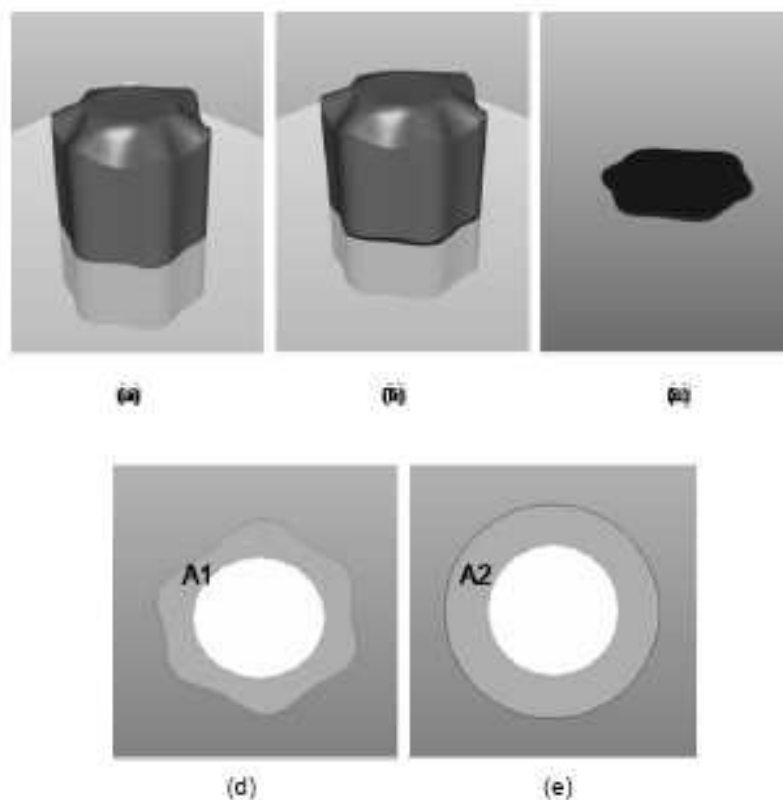
Při skenování objektu Body Scanner úspěšně zachycuje pouze přední a zadní část vzorku a, při použití k měření tělesných rozměrů, přibližně určuje boky těla. Proto je ve snímání charakteristik splývavosti textilie obtížné zachytit kompletní uspořádání splývajícího vzorku v jednom jediném snímání. Z tohoto důvodu se ke kompletnímu zachycení splývavosti textile používají dvě snímání, jedno je otočené v úhlu 90°.





Obr. 9 Zpracování bodového mraku dat ze dvou snímání v programu Geomatic<sup>TM</sup>

Za použití programu Geomatic<sup>TM</sup> se obraz bodového mraku vyčistí tak, aby se odstranily vychýlené body. Pak jsou oba obrazy splývavosti nasnímané v úhlu 0° a 90°, které byly zachyceny 3D Body Scannerem, spojeny do jednoho kompletního obrazu. Snímání jsou vystavena procesu splýnutí v pořadí zobrazeném na obr. 9 tak, aby z obrazu bodového mraku došlo k řádnému uspořádání dvou obrazů a k vygenerování povrchu. Konečný vygenerovaný 3D model je pak použit pro zjištění charakteristik splývavosti.

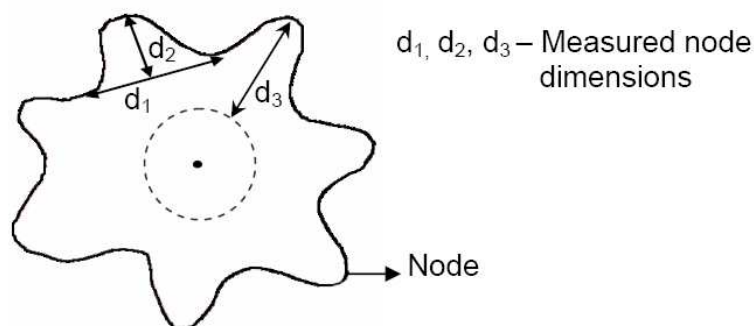


$$DC = \frac{A1}{A2} \times 100$$

(6)

Obr. 10 Jednotlivé kroky při počítání koeficientu splývavosti při snímání a zpracování v programu Geomatic<sup>TM</sup>

Na obr. 10 jsou zobrazeny jednotlivé kroky, které jsou zahrnuty do výpočtu koeficientu splývavosti ze zpracovaného obrazu Body Scanneru. Na obr. 10a je zpracované snímání projektováno do souběžné roviny, na obr. 10b je naznačeno odříznutí tenkého plátku vzniklého útvaru. Obr. 10c ukazuje pouze odříznutou část. Na obr. 10d a 10e jsou zobrazeny plochy, jejichž poměr vynásobený 100 představuje koeficient splývavosti. Dále jsou také zaznamenány rozlohy vln (obr. 11). To proto, že dva materiály mohou mít shodný koeficient splývavosti, ale tvar splývavosti bude různý. Z toho důvodu jsou při měření zaznamenávány další parametry jako počet vln a rozsah vln.



Obr. 11 Měření vln a rozsahu vln

[9]

Poslední vývoj výzkumu splývavosti přináší dvě zajímavé metody. Jde o Modelování profilu splývavosti a Určení parametrů splývavosti Fourierovou analýzou, které obě využívají trigonometrických funkcí.

### 3.7 Modelování profilu splývavosti

Další metodu představil Lo v roce 2002 a jedná se o Modelování profilu splývavosti textilie použitím polárních souřadnic. Díky tomuto modelu mohou být přesně předpovězeny tyto parametry textilie – koeficient splývavosti (DC %), lokalita vlny, počet vln a tvar vln. Je zde použito vhodných konstant pro polární souřadnice v modelu splývavého profilu, a je dosaženo dobré shody mezi teoretickým a experimentálním profilem splývavosti. Navíc tyto konstanty mohou být také získány použitím analýzy zpětného pohybu. To znamená, že profil splývavosti může být přímo předpovězen z ohybu a zpožděného smyku. Navíc může být získána lepší předpověď splývavého profilu textilie použitím střední hodnoty, zjištěné po směru osnovy, útku a v úhlu  $\pm 45^\circ$ , než pouze ze směru osnovy a útku.

Když textilie splývá, určitá část tvaru se kroutí více jak v jednom směru. Tato vlastnost umožňuje materiálu formovat se do žádaného tvaru nebo do hladka resp. do rovna svou vlastní vahou. Profil splývavosti (DP) využívá polárních souřadnic přímo změřených z drapemetru. Koeficient splývavosti, lokace vln a počet vln může být předurčen modelem. Konstanty v DP modelu mohou být buď odhadovány použitím

polárních souřadnic vhodnou technikou nebo přímo vypočítány z vlastností ohybu a skluzu s použitím zpětné rovnice.

Profil splývavosti může být zachycený v dvojrozměrném obraze projektovaném z trojrozměrného splývavého vzorku na Cusickovu drapemetru. Z tohoto obrazu mohou být pozorovány lokace, počty vln a detailní tvar profilu splývavosti, a může být přesně a automaticky vypočítán koeficient splývavosti pomocí softwaru obrazové analýzy.

Modelování profilu splývavosti se pokouší zavést matematický model popisu či předpovědi profilu splývavosti metodou měření, které využívá polárních souřadnic. Ačkoliv nejsou vlny jednotné, profil splývavosti ukazuje cyklické změny v polárních souřadnicích. Před ustanovením tohoto modelu jsou specifikovány tři domněnky. První – textilie volně visí pod tíhou své vlastní hmotnosti. Druhá – vlny jsou rovnoměrně rozděleny kolem podpěrné desky a všechny tvary vln jsou shodné. Třetí – průměrná hodnota počtu vln jednoho vzorku je určité celé číslo.

K účelu modelování profilu splývavosti byly vybrána trigonometrická funkce:

$$r = p + q \sin(k\theta + a) \quad (7)$$

kde

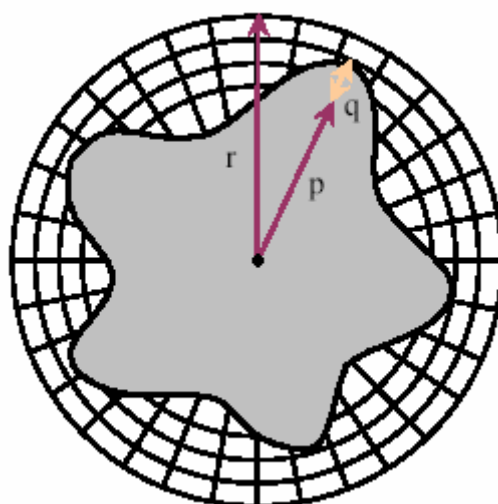
$p$  – průměrná paprsková (radiální) délka získaná mezi vrcholy a vlnami profilu splývavosti

$q$  – polovina hloubky splývavé vlny

$r$  – poloměr (paprsek) projektovaného profilu splývavosti

$k$  – počet vln (vrcholů) v profilu splývavosti

$a$  – konstanta, představující úhel mezi směrem osnovy textilie a jeho sousedním vrcholem



Obr. 12 Měření splývavého profilu

Konstanty  $p$ ,  $q$  a  $k$  v modelu mohou být buď odhadnuty vhodnými polárními souřadnicemi nebo předurčeny četným použitím a postupnou zpětnou analýzou, která je založena na vztahu mezi mechanickými vlastnostmi a splývavostí textilního materiálu.

Poté, co jsou konstanty určeny, je stanoven model. Jím mohou být potom automaticky předpovězeny tyto veličiny: koeficient splývavosti, lokace vln, počet vln a tvar vln profilu splývavosti. Především je vypočítána oblast pod profilem splývavosti takto:

$$A_2 = \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} r^2 d\theta = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} [p + q \sin(k\theta)]^2 d\theta = \pi \left( p^2 + \frac{q^2}{2} \right) \quad (8)$$

Koeficient splývavosti (DC) je definován jako procento projektované oblasti splývavosti k původní nesplývavé oblasti násobené 100:

$$DC[\%] = \frac{\text{projektova ná _ plocha _ vzorku}}{\text{plocha _ nesplývavé ho _ vzorku}} \times 100 \quad (9)$$

Za účelem usnadnění předpovědi profilu splývavosti byly polární souřadnice transformovány do pravoúhlých (obdélníkových) souřadnic ( $x$ ,  $y$ ). Profil splývavosti je uveden ve tvaru polárního diagramu.

#### **Předpověď DP, používajícího konstanty z vhodných polárních souřadnic**

Rovnice (7) je používána pro předpověď profilu splývavosti. V této rovnici budou tři stálé konstanty  $p$ ,  $q$  a  $k$  v DP modelu předurčeny, a postup vhodných polárních souřadnic je používán pro odhad jejich hodnot s počítačovým programem, psaným v souboru programu Matlab. Vstupním parametrem počítačového programu je souřadnice ( $r$ ,  $0$ ) profilu splývavosti od 0 do 360 stupňů, a po určitých rozestupech mohou být v polárních souřadnicích nalezeny koeficienty  $p$ ,  $q$  a  $k$ . Koeficient splývavosti, poloha a množství vln jsou automaticky počítány pro každý vzorek. Grafická předpověď splývavosti je uváděna polárním diagramem.

Výsledky výzkumu ukazují odchylky mezi teoretickým předpovězeným DC z DP modelu a experimentálním DC menší než 8,3%. Typické hodnoty DC klesají v rozsahu od 50 do 85 % pro střední materiály, projevující se šesti až osmi vlnami. Pro méně pevné a lehké materiály, s devíti nebo desíti vlnami, jsou pozorovány DC s hodnotami mezi 30 až 50 %. Tato analýza upevňuje zjištění Cusicka, že počet vln je závislý na tuhosti materiálu. Vyšší hodnota DC znamená nižší počet vln získaných testem splývavosti. [10]

## 4. Fourierova transformace

Fourierova transformace je pojmenována podle francouzského matematika a fyzika Jeana Baptista Fouriera (1768-1830). Je modifikací Fourierovy řady a je užitečná pro řešení mnoha různých problémů. Používá se např. pro převedení řešení diferenciálních rovnic na řešení algebraických rovnic nebo pro frekvenční analýzu časově proměnných signálů. V oblasti zpracování obrazů je možné Fourierovu transformaci uplatnit pro úpravy kvality obrazů, ale také pro vyhodnocování prostorových frekvencí. Je to vlastně skupina matematických metod založených na rozkladu signálu na sinusoidy.

Dvojměrná Fourierova transformace umožní převést rozložení obrazových intenzit  $I(x, y)$  vyhodnocovaného obrazu na obraz prostorových frekvencí  $F(f_x, f_y)$ .

Funkci  $f(x)$  definovanou na intervalu  $-\pi \leq x \leq \pi$  rozvineme v řádu trigonometrických funkcí takto:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{m=1}^{\infty} (a_m \cos mx + b_m \sin mx) \quad (10)$$

Takové vyjádření bude mít praktickou cenu pouze tehdy, když pro danou funkci  $f(x)$  můžeme najít všechny koeficienty  $a_0$ ,  $a_m$  a  $b_m$ .

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) dx \quad (11)$$

Koeficienty  $a_m$  a  $b_m$  najdeme tak, že řadu vynásobíme  $\cos nx$ , integrujeme v mezích  $-\pi \leq x \leq \pi$ . Dostaneme koeficienty:

$$a_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos nx dx \quad (n=1,2,\dots) \quad (12)$$

a

$$b_m = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin nx dx \quad (n=1,2,\dots)$$

(13)

Fourierovu transformaci lze rozdělit do čtyř základních typů podle signálů, se kterými se můžeme setkat. Signál může být buď spojitý nebo nespojitý, a dále může být periodický a neperiodický. Kombinací těchto dvou vlastností dostáváme čtyři:

**Neperiodický, spojitý:**

Mezi tento druh signálu patří např. slábnoucí exponenciální signál nebo Gaussova křivka. Transformace tohoto signálu se nazývá Fourierova transformace.

**Periodický, spojitý:**

Sem patří signály jako jsou sinusoidy, obdélníkové průběhy a jiné průběhy, které jsou periodické. Tato transformace je nazývána Fourierovou řadou.

**Neperiodický, nespojitý:**

Do této skupiny se řadí signály, které jsou definované pouze jako body a periodicky se neopakují. Tato transformace je Diskrétní časová Fourierova transformace.

**Periodický, nespojitý:**

Zde jsou signály, které se periodicky opakují, ale netvoří žádný spojitý signál (souvislá křivka). Tomuto druhu transformace říkáme právě DFT, tedy Diskrétní Fourierova transformace.

[12,13,14]



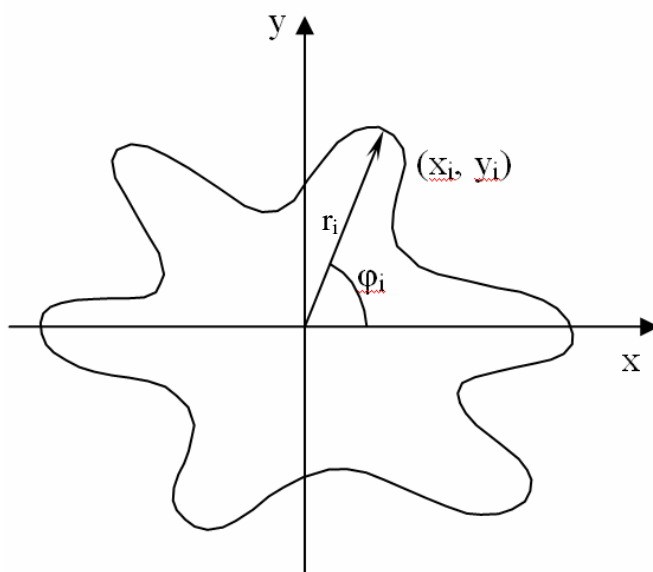
## 4.1 Stanovení parametrů splývavosti pomocí Fourierovy analýzy

S další alternativní metodou hodnocení splývavost přišli v roce 2004 K.R. Sharma a B.K. Behera z Indického institutu technologie v Dillí, Indie, ve spolupráci s H. Roedelem a A. Schenkovou z Technické univerzity v Drážďanech, Německo.

Dle této metody existuje silná závislost mezi koeficientem splývavosti DC a poměrem  $A/r$  a počtem vln.

K této metodě byla použita Fourierova analýza dat, která dokáže mimo jiné analyzovat počítačové bodové schéma obrazu splývavé textilie a následně je pak možné stanovit její charakteristické rysy. Schématický obraz je rozlišován na bílé a nebílé pixely. Jako první je stanoveno ohnisko obrazu splývavosti a to nalezením bílých bodů ve středu obrazu. Bílé body jsou tvořeny díky světlu, které je emitováno rozžhavenou LED diodou, umístěnou v drapemeteru přesně ve středu vzorku. Pro stanovení polárního souřadnicového systému je nezbytné znát ohnisko obrazu. První bílý pixel je hledán paprskovitě (vychází se ohniskového bodu v přímé linii k obrazu splývavosti).

Pro stanovení okraje stínu splývajícího vzorku s dostatečnou přesností, je vzorek nasnímán postupně po  $3^\circ$ . Takže celý obrys je dán 120 body. Body obrazu a jejich stanovené souřadnice (poloměr  $r$  a úhel  $\varphi_i$ , kde  $i=1,\dots,n$ ) jsou použity jako základ pro rozvoj Fourierovy řady. Na obr. 13 je zobrazena geometrie splývavého obrazu a také souřadnice okrajových bodů, poloměr a úhel.



Obr. 13 Geometrie obrazu splývavosti

Přibližné vymezení okrajové vlny splývavého obrazu je dáno vztahem:

$$r = f(\varphi) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\frac{n-1}{2}} [a_k \cos(k\varphi) + b_k \sin(k\varphi)] + \frac{a_n}{2} \cos\left(\frac{n}{2}\varphi\right) \quad (14)$$

Funkce  $f(\varphi)$  sestává z částečného součtu sinů a cosinů, kde Fourierovy koeficienty  $a_k$  a  $b_k$  jsou amplitudy neúplných vln.

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n r_i \cos(k\varphi_i) \quad \text{a} \quad b_k = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^n r_i \sin(k\varphi_i) \quad (15,16)$$

#### Stanovení plochy pro výpočet koeficientu splývavosti

Pomocí dvojité integrace Fourierovy řady v rozhraní  $0-2\pi$  přes úhel  $\varphi$ , plocha splývavého obrazu může být vypočtena podle následujícího vztahu:

$$A = \int_0^{2\pi} \int_0^{f(\varphi)} r dr d\varphi = \int_0^{2\pi} \frac{1}{2} f^2(\varphi) d\varphi = \frac{a_0^2}{4} \pi + \sum_{k=1}^{\frac{n-1}{2}} (a_k^2 + b_k^2) \frac{\pi}{2} + \frac{a_n^2}{8} \pi \quad (17)$$

#### Stanovení počtu vln N

Všechny Fourierovy koeficienty se souhrnnými podmínkami představují kompletní matematický popis analyzované okrajové vlny splývavého obrazu. Podmínky Fourierových koeficientů  $a_k$  a  $b_k$  mohou být popsány pomocí přídavného pravidla:

$$a_k \cos(k\varphi) + b_k \sin(k\varphi) = c_k \cos(k\varphi - k\psi_k) \quad (18)$$

kde  $c_k$  a  $\psi_k$  jsou vypočteny následovně:

$$c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2} \quad \text{a} \quad k\psi_k = \arctan\left(\frac{b_k}{a_k}\right) \quad (19,20)$$

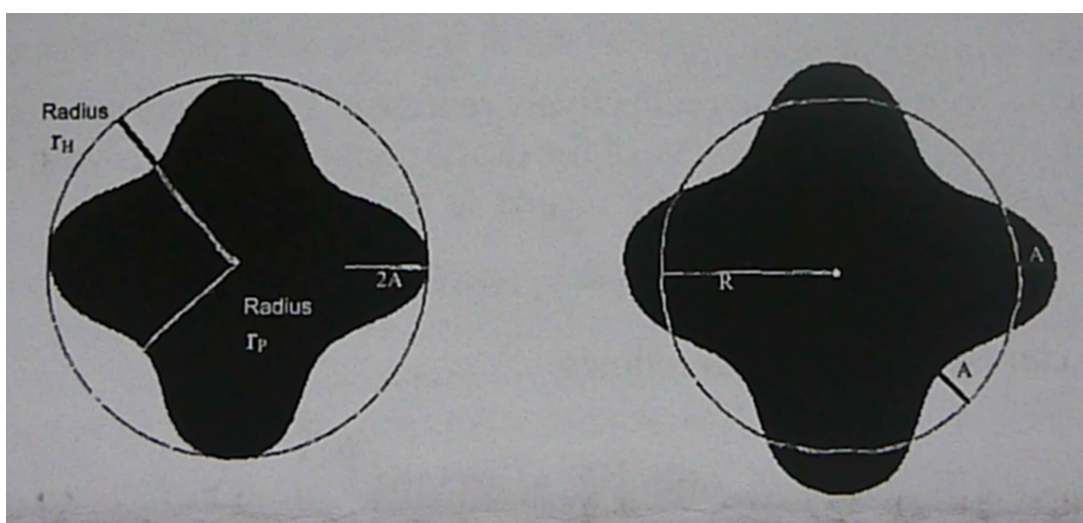
Po vyřešení podmínky  $c_k$  Fourierovy řady je definován největší vliv Fourierova rozvoje, dle kterého pak může být předpovězen počet vln.

### Stanovení absolutní hodnoty pro popsání tvaru vln

Pro popsání tvaru vln je vhodné uvést rozsah vln závisící na poměru  $A/r$  (amplitudy  $A$  a průměrného poloměru  $r$ ). Zmíněná amplituda  $A$  a poloměr  $r$  jsou stanoveny z poloměru  $r_H$  (maximální vnější vzdálenost vlny od středu projektovaného splývavého obrazu) a poloměru  $r_P$  (minimální vnitřní vzdálenost vlny od středu projektovaného splývavého obrazu) následovně:

$$A = \frac{r_H - r_P}{2} \quad \text{a} \quad r = a_0 = r_H - A = r_P + A \quad (21,22)$$

Hodnoty  $r_H$  a  $r_P$  představují maximální a minimální hodnotu  $r_i$ . Parametry  $r_H$ ,  $r_P$ ,  $r$  a  $A$  jsou zobrazeny na obraze splývavosti (obr. 14).



Obr. 14 Stanovení parametrů  $r_H$ ,  $r_P$ ,  $r$  a  $A$  z geometrie splývavého obrazu

[11]

## EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5. Metodika s využitím 3D zobrazení pomocí Fourierovy analýzy dat

Cílem diplomové práce bylo navržení alternativní metodiky hodnocení splývavosti plošných textilií s využitím 3D zobrazení pomocí Fourierovy analýzy dat. V programu Matlab byl vytvořen program pro zpracování nasnímaných dat pomocí rychlé Fourierovy transformace (FFT).

#### 5.1 Měřicí zařízení a postup měření splývavosti textilie

Měření splývavosti probíhalo na zařízení pro zobrazení tvaru splývající textilie, z hlediska její trojrozměrné deformace. Toto zařízení se nachází v laboratoři obrazové analýzy na katedře oděvnictví v Liberci.

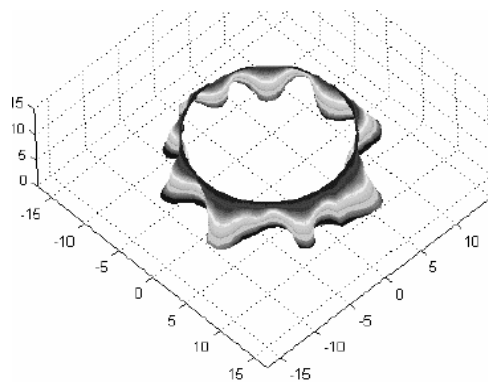
Jedná se o triangulační scanner pro snímání 3D tvaru splývající textilie, který v sobě kombinuje klasický Cusickův drapometru, systém obrazové analýzy a laserový aparát.



Obr. 15 Zařízení pro snímání 3D tvaru splývající textilie

## Postup měření

Měření bylo provedeno triangulačním laserovým scannerem, který zachycuje deformovaný tvar v celé hloubce převisu splývající textilie najednou. Aby nedocházelo k nepřesnostem při měření, je potřeba provádět měření při naprosté tmě. Jak je možné vidět na obr. 15, přístroj využívá rotačního ramene, na kterém je umístěno snímací zařízení, které dvěma CCD kamerami snímá stopu liniového laseru a zaznamenává přesný tvar splývající textilie.



Obr. 16 3D zobrazení splývající textilie

Výstupem z 3D scanneru je kromě 3D zobrazení splývající textilie (obr. 16) také klasické zobrazení ve 2D, stejně jako u obrazové analýzy. Výhodou tohoto přístroje je, že umožňuje zohlednění vnitřních vln splývajícího vzorku materiálu, což klasický Cusickův drapemetr neumožňuje. V programu je také zabudován výpočet koeficientu splývavosti DC [%] dle Chu (vztah (2), kap. 2.1.2), který se aplikuje na dvourozměrné zobrazení splývavosti. Výstupem z programu je tedy zobrazení splývavosti ve 2D, ve 3D a koeficient splývavosti DC.

## Charakteristiky naměřených materiálů

V tabulce č. 2 jsou udány základní charakteristiky použitých materiálů, jako je materiálové složení, struktura vazby, dostava osnovy a útku a také plošná hmotnost a tloušťka materiálu.

Tab. 2 Základní charakteristika použitých materiálů a materiálové složení

Číslo materiálu	Název materiálu	Složení	Vazba	Dostava [n/cm]		Plošná hmotnost [kg/m <sup>2</sup> ]	Tloušťka [mm]
				Do	Dú		
1.	pinkdots	viskoza	plátno	40	35	0,0415	0,14
2.	jeans	bavlna	kepr 2/1	32	20	0,1938	0,64
3.	pinkred	viskoza	plátno	60	42	0,1247	0,26
4.	pruh	PES/viskoza	plátno	65	50	0,1788	0,32
5.	blue	PES	plátno	25	20	0,1344	0,51

**Počet naměřených materiálů:** 5 různě splývavých materiálů  
**Počet měření od jednoho materiálu:** 5  
**Velikost vzorku:** kruhový vzorek o průměru 300 mm

Tabulka č. 3 udává koeficienty splývavosti DC [%] dle Cusicka pro jednotlivé vzorky materiálů. V posledním sloupci je uveden průměrný koeficient splývavosti DC [%] pro jednotlivé materiály. Materiály pokrývají rozsah splývavosti od 16% do 70%, což běžně odpovídá materiálům používaných v oděvním průmyslu.

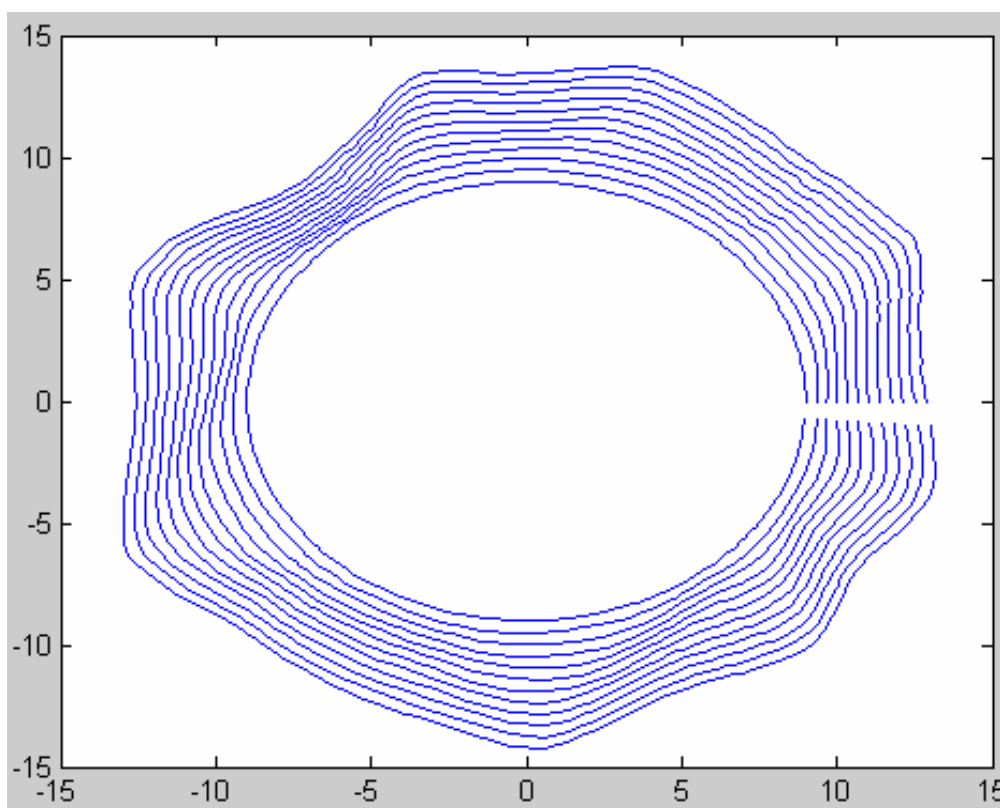
Tab. 3 Koeficienty splývavosti jednotlivých vzorků a průměrný koeficient splývavosti materiálu DC [%]

Číslo materiálu	Koeficient splývavosti DC [%]					
	Vzorek č. 1	Vzorek č. 2	Vzorek č. 3	Vzorek č. 4	Vzorek č. 5	Průměr
1.	16,00	16,10	16,80	16,30	18,00	<b>16,64</b>
2.	72,80	71,30	71,90	70,40	68,30	<b>70,40</b>
3.	46,40	49,90	53,90	49,00	49,50	<b>49,74</b>
4.	29,30	29,00	30,20	31,60	30,00	<b>30,02</b>
5.	52,40	50,60	50,30	50,90	51,30	<b>51,10</b>

## 5.2 Analýza postupu navrhované metodiky hodnocení splývavosti

### 5.2.1 Úprava nasnímaných dat a vykreslení jednotlivých vrstev

Po nasnímání vzorků 3D scannerem byla data vykreslena v programu Matlab v trojrozměrném zobrazení. Bylo zjištěno, že v některých oblastech vzorků bylo nasnímáno více bodů než v jiných oblastech. Tyto body tak tvořily neúplné vrstvy. To mohlo být způsobeno např. nepřesným umístěním vzorku materiálu nebo velmi poddajným materiálem, takže v některých oblastech snímaného vzorku byl převis delší. Proto byla nasnímaná data upravena podle nejkratších linií tak, aby po spojení dat, umístěných ve stejné výšce, se vytvořily jednotlivé vrstvy (obr. 17).

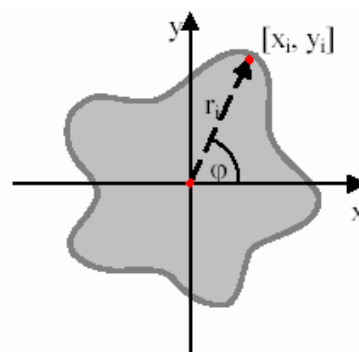


Obr. 17 Vykreslení jednotlivých vrstev

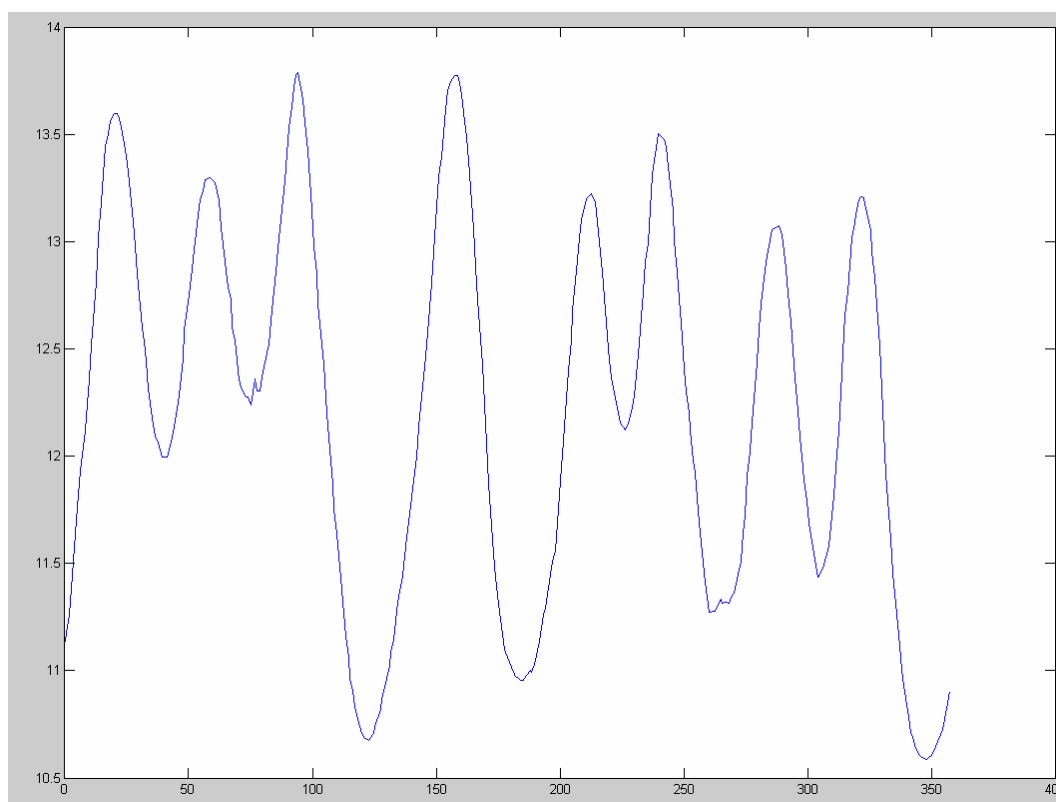
### 5.2.2 Rozvin obrys vrstev splývající textilie do polárních souřadnic

Proměnlivost splývavého tvaru textilie je poměrně vysoká a je proto často diskutovanou otázkou při hodnocení této vlastnosti. Při měření splývavosti pomocí diskových metod se absolutní chyba měření DC, při opakovaném měření vzorků ze stejného materiálu, pohybuje v rozmezí od 2 % do 14 %. Systém 3D scanneru omezuje tuto chybu pod 5 %.

Pro analýzu rozsahu a příčiny variability tvaru splývavých textilií je možné využití rozvinu průmětu splývající textilie do polárních souřadnic, tj. do grafů závislosti vzdálenosti obrysu  $r_i$  od středu vzorku na úhlu položení bodu  $\varphi$  (obr. 18). Úhel  $\varphi$  je definován jako úhel, který svírá linie vzdálenosti bodu na obrysu vzorku  $r_i$  od jeho středu se základní osou kartézské soustavy. Pro rozvinutí byl použit obrys nejspodnější vrstvy vzorku (obr. 19).



Obr. 18 Geometrie obrazu splývavosti



Obr. 19 Rozvin obrysu průmětu vzorku do polárních souřadnic

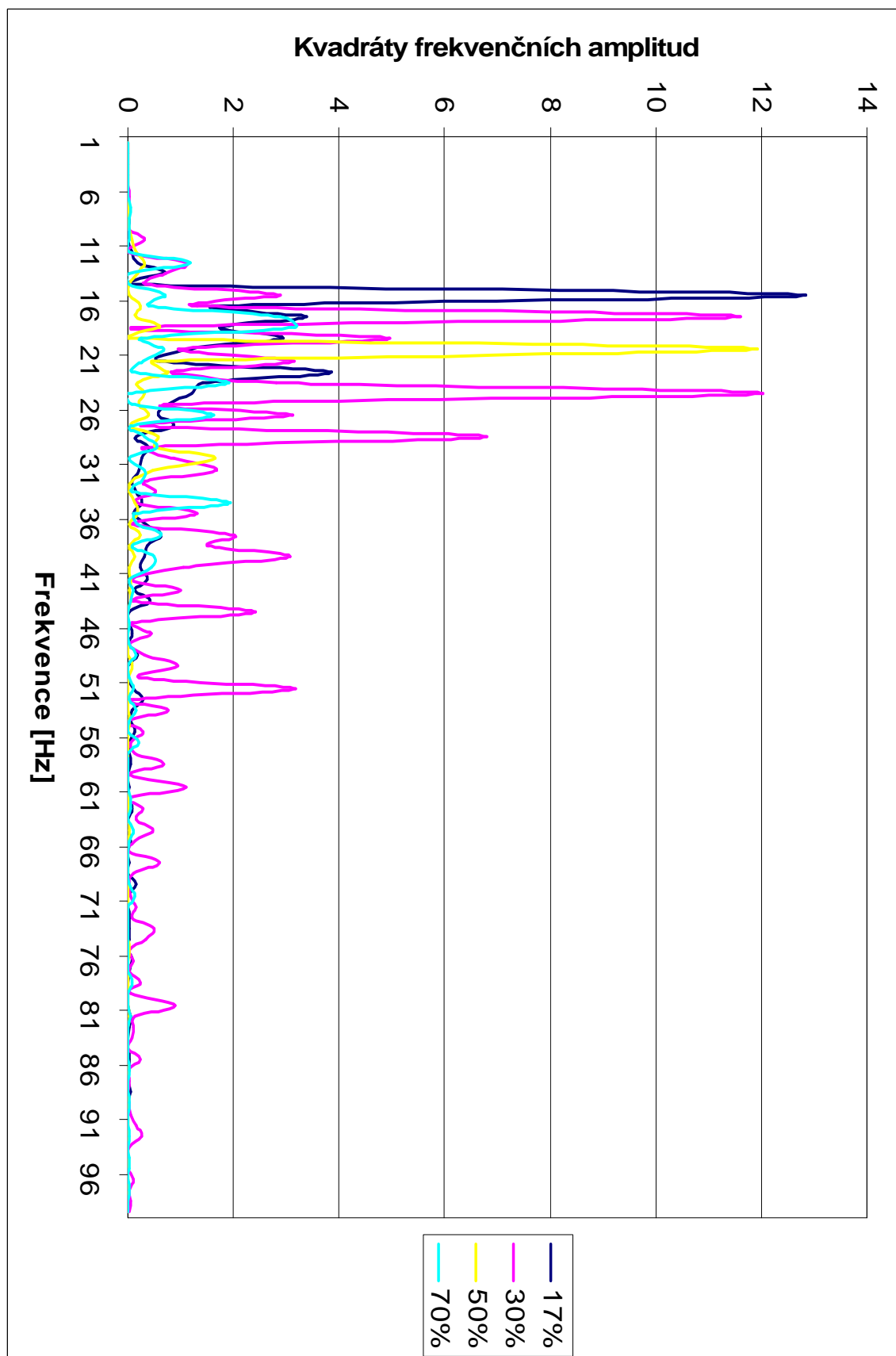


### 5.2.3 Stanovování stupně splývavosti pomocí frekvenčních intervalů

Po rozvinutí obrysu průmětu vzorku do polárních souřadnic se na data aplikuje Fourierova analýza, která pomůže tyto polární souřadnice zobrazit pomocí frekvenčních charakteristik. Vzhledem k hodnotám frekvencí se jako nejvhodnější jevila velikost okna FFT 512 hodnot.

Velký důraz byl kladen na dodržení Nyquistova kritéria, které pomohlo eliminovat možné přesahy frekvencí. Vzhledem k tomu, že frekvenční charakteristika je v okně po hodnotě 256 zrcadlově převrácena, zajímají nás pouze hodnoty od 1 do 256.

Aby byla zajištěna přesnost odečítání frekvencí, je v programu napojeno šestnáct stejných měření. To proto, aby byl odstraněn problém fázového posuvu. K tomu odchází, když se dva velice podobné vzorky stejného materiálu liší pouze v natočení o určitý úhel. Až po napojení těchto měření jsou data podrobena rychlé Fourierově transformaci FFT. Při napojování dat jsou do měření zahrnuty také velmi nízké frekvence. Tyto frekvence se projevují jako mohutné vychýlení v blízkosti nuly. Toto vychýlení je následně odstraněno filtrem FIR vysokého řádu tak, aby zbytečně nezatěžovala měřená data.

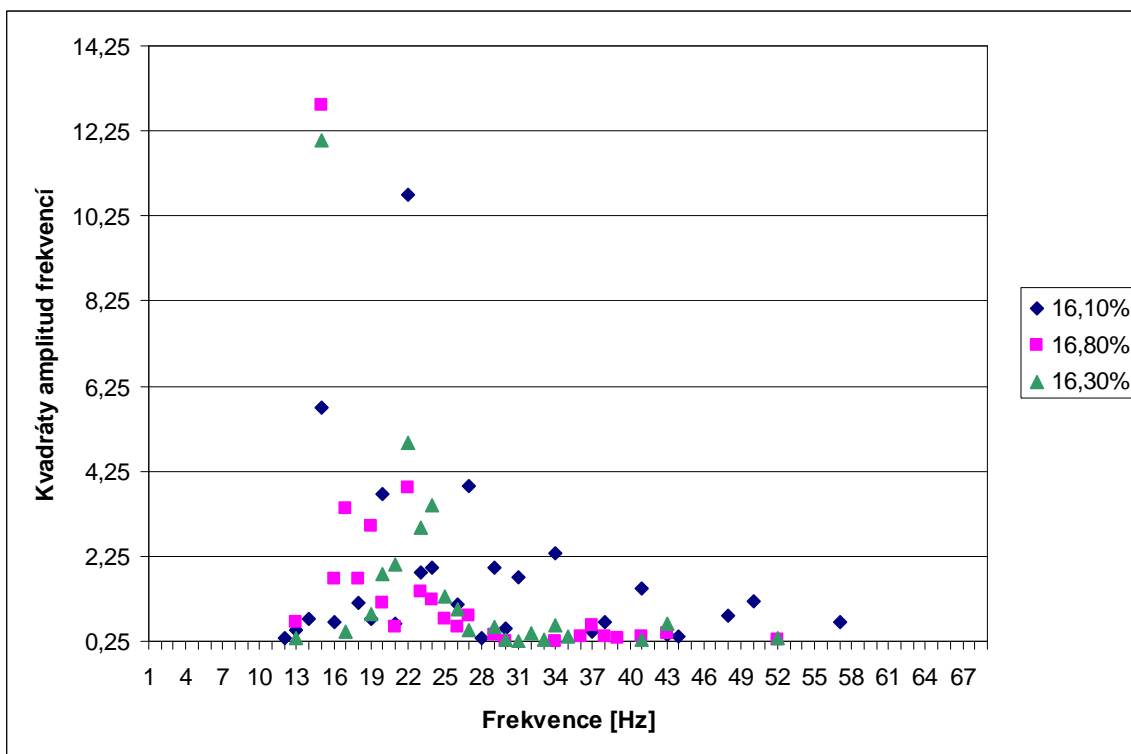


Graf 1. Porovnání průměrných frekvenčních charakteristik pro 17, 30, 50 a 70 % splývavé materiály

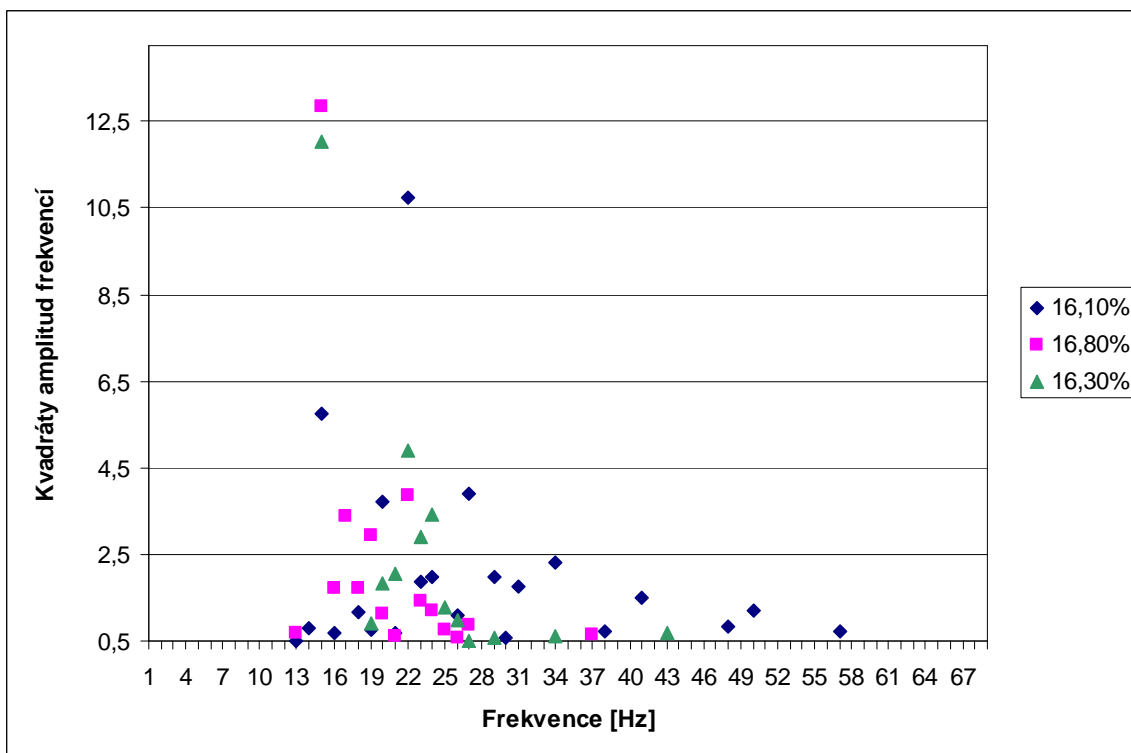
Při porovnání průměrných frekvenčních charakteristik pro textilie se stupněm splývavosti 17, 30, 50 a 70 % z hlediska DC může být pozorováno, jakým způsobem se frekvenční charakteristiky použitých materiálů od sebe odlišují. Z grafu 1 je patrné, že pro různé stupně splývavosti mohou být vymezeny frekvenční intervaly.

Pro lepší vymezení frekvenčních intervalů bylo použito filtrování, při kterém byla zobrazena jen data s hodnotou kvadrátu frekvenčních amplitud vyšší než 0,25. Poté bylo použito další filtrování, které zobrazilo data s hodnotou kvadrátu amplitud vyšší než 0,5.

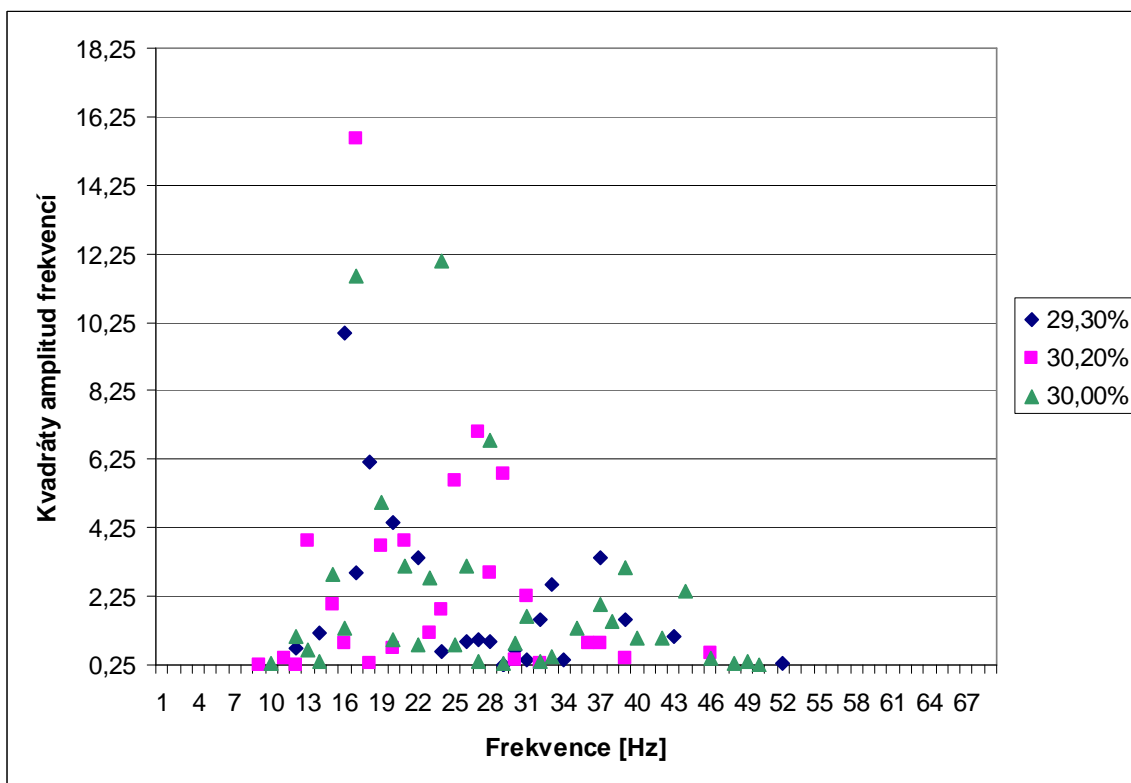
Chování dat můžeme pozorovat v následujících grafech frekvenčních charakteristik (graf 2-11), kde byla zobrazena data pro různé stupně splývavosti. Z tohoto pozorování byla zhotovena tabulka č.3, která nám udává právě chování zobrazených filtrovaných dat. Z toho také můžeme vyčíst, v jakých frekvenčních intervalech se z hlediska DC pohybují frekvenční amplitudy různě splývavých materiálů.



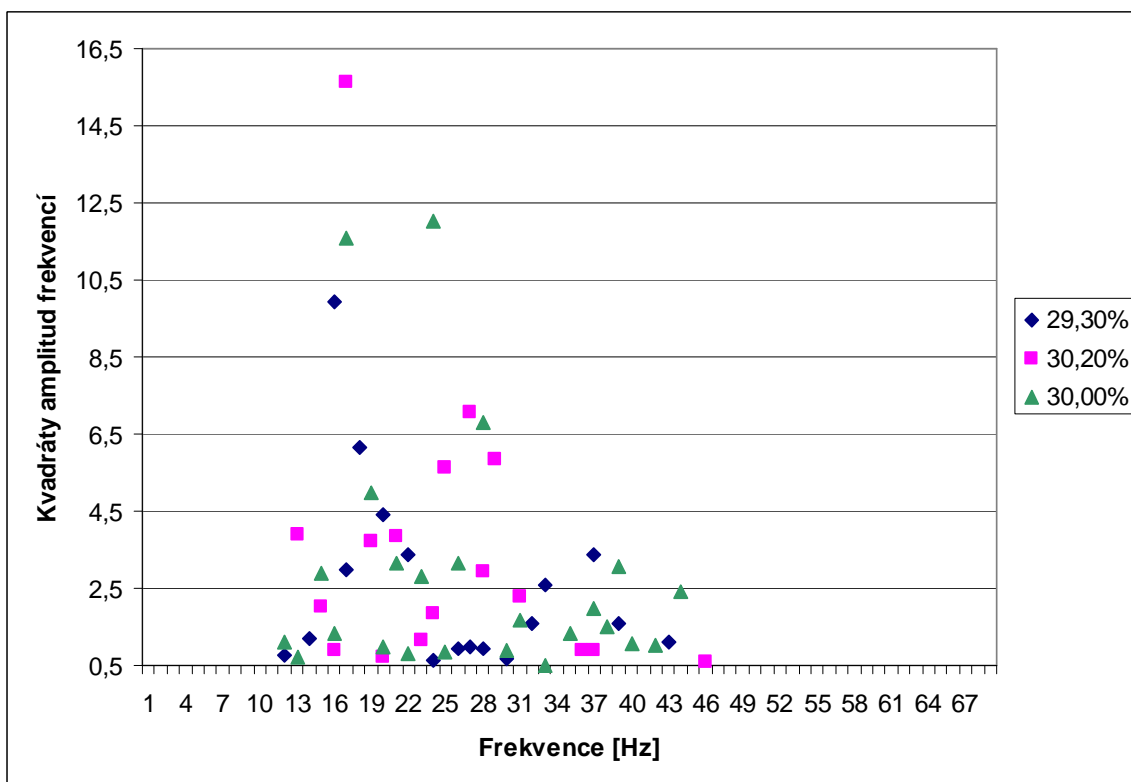
Graf 2. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,25 pro materiály se stupněm splývavosti 17% vzhledem k hodnotě DC



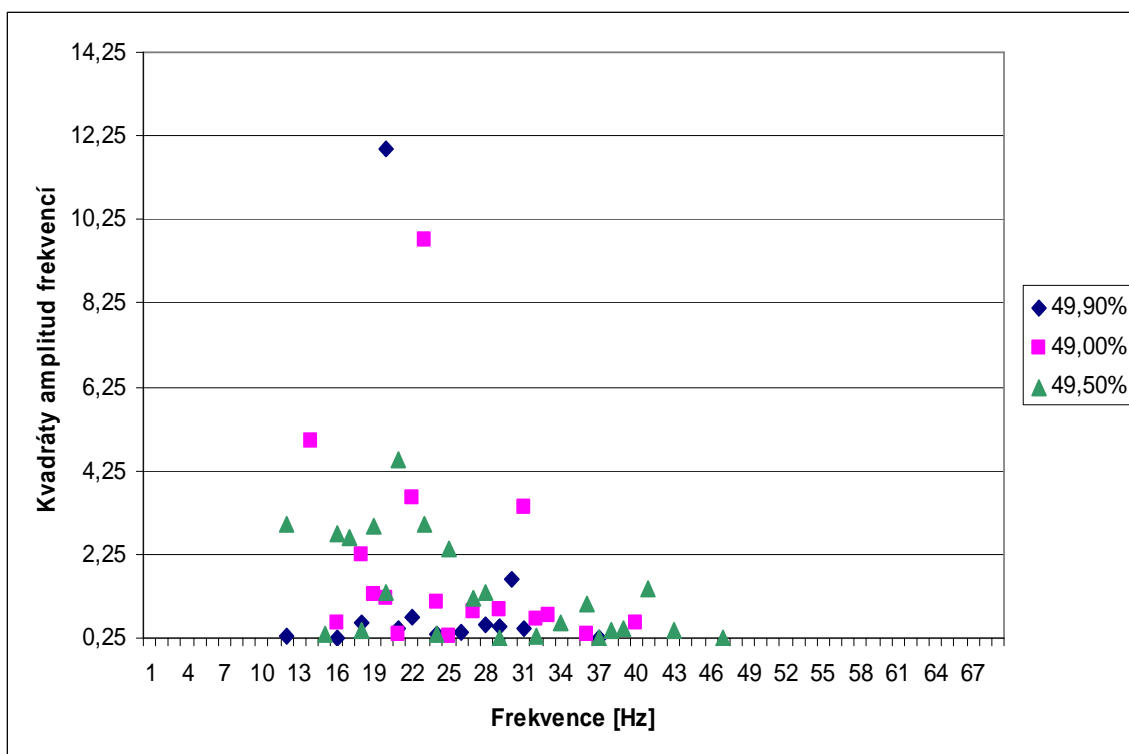
Graf 3. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,5 pro materiály se stupněm splývavosti 17% vzhledem k hodnotě DC



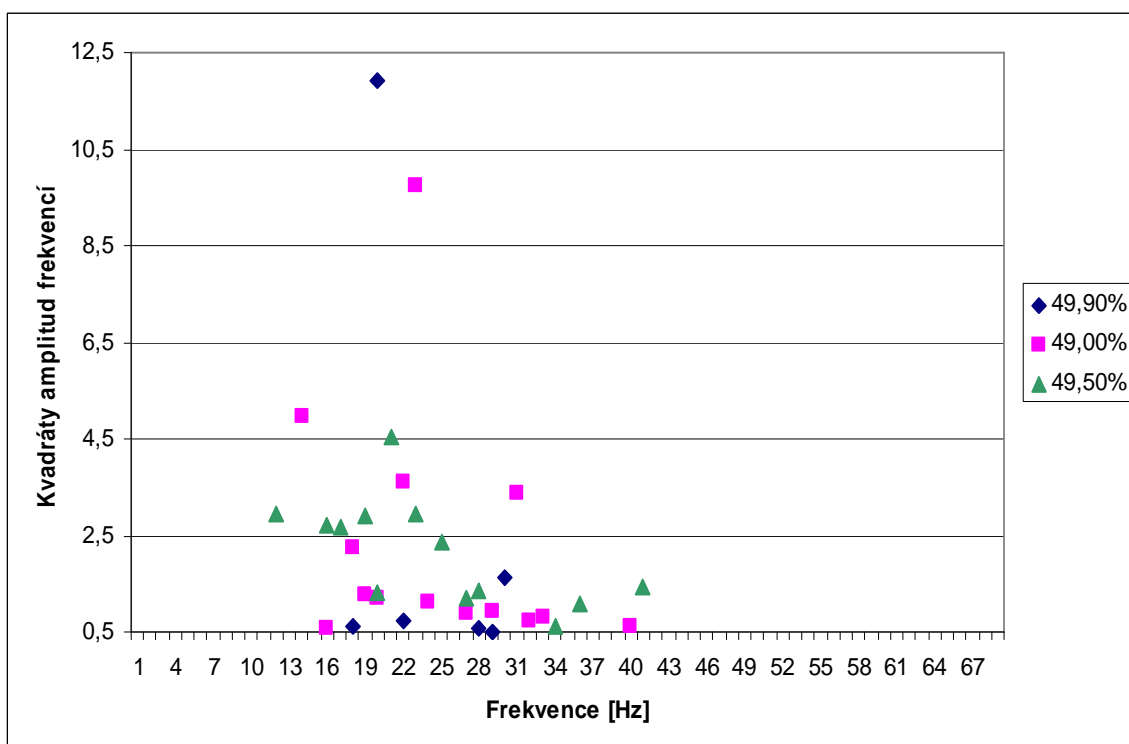
Graf 4. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,25 pro materiály se stupněm splývavosti 30% vzhledem k hodnotě DC



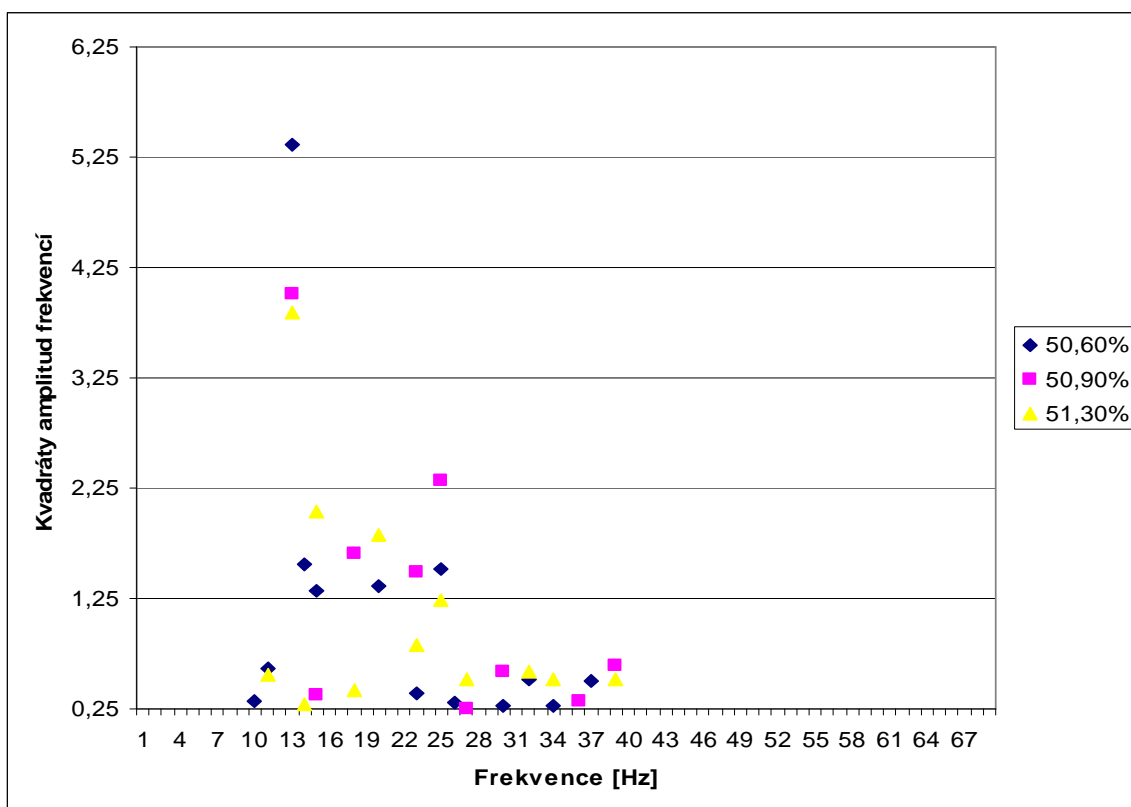
Graf 5. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,5 pro materiály se stupněm splývavosti 30% vzhledem k hodnotě DC



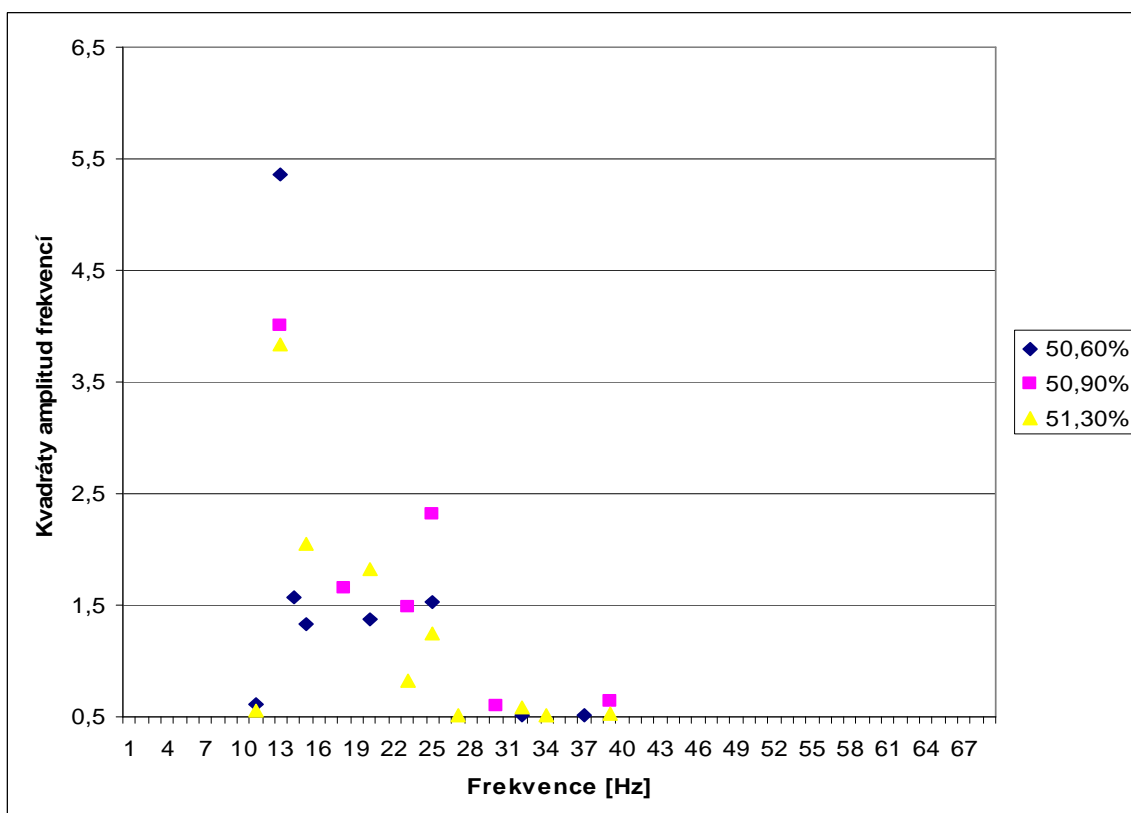
Graf 6. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,25 pro materiály se stupněm splývavosti 50% vzhledem k hodnotě DC



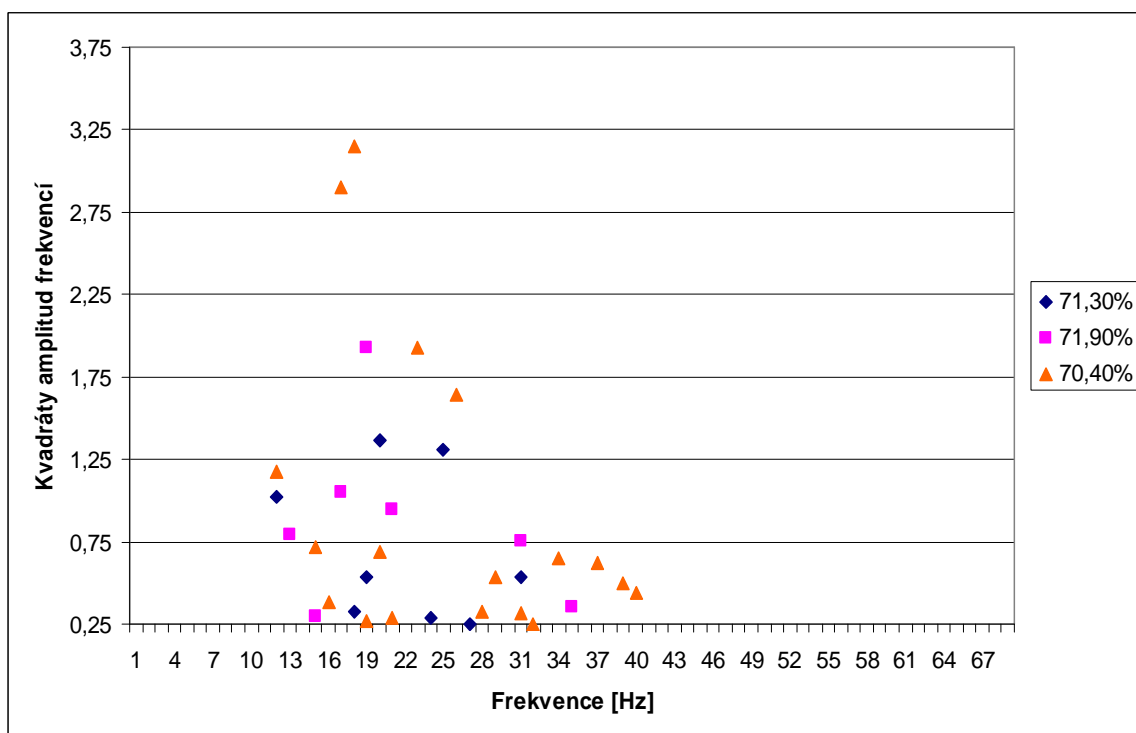
Graf 7. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,5 pro materiály se stupněm splývavosti 50% vzhledem k hodnotě DC



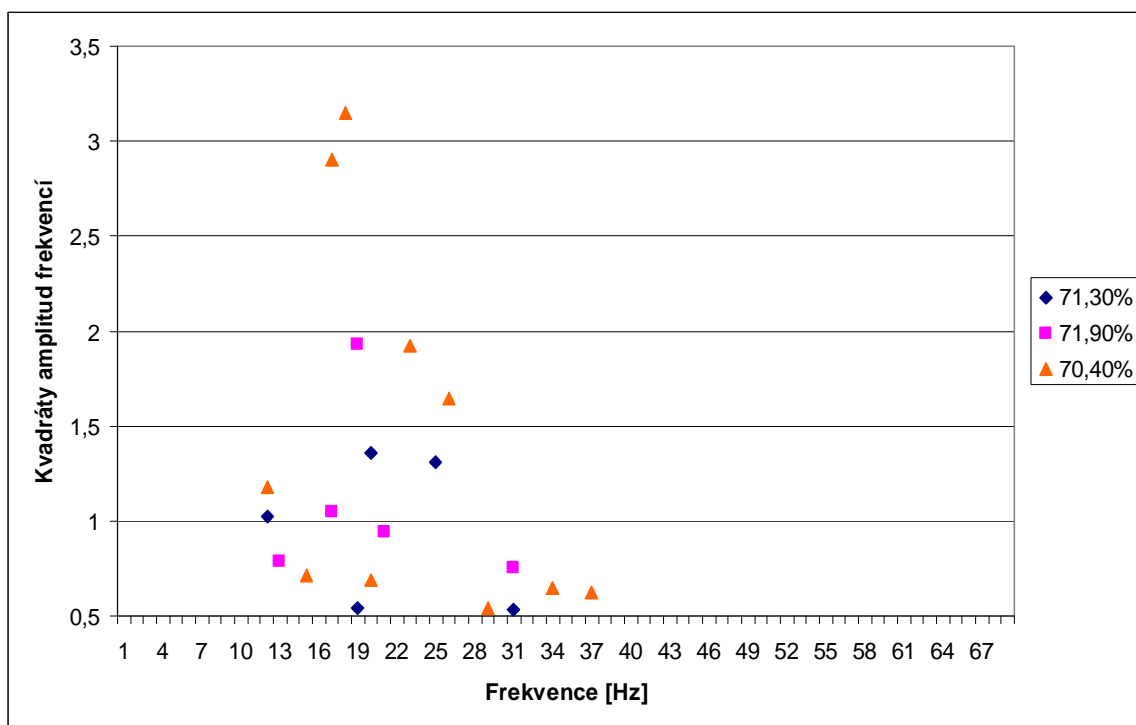
Graf 8. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,25 pro materiály se stupněm splývavosti 50% vzhledem k hodnotě DC



Graf 9. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,5 pro materiály se stupněm splývavosti 50% vzhledem k hodnotě DC



Graf 10. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,25 pro materiály se stupněm splývavosti 70% vzhledem k hodnotě DC



Graf 11. Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud nad hodnotou 0,5 pro materiály se stupněm splývavosti 70% vzhledem k hodnotě DC



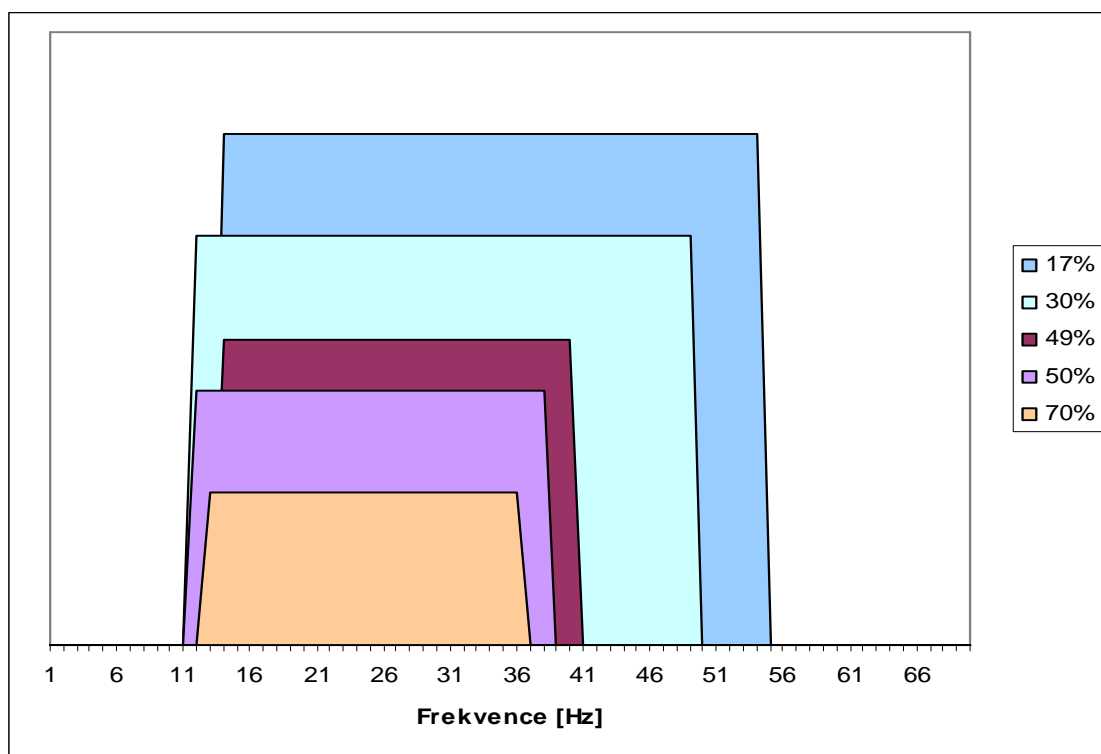
V tabulce č. 4 můžeme pozorovat, v jakých frekvenčních intervalech se pohybují oblasti frekvenčních charakteristik, o různých hodnotách koeficientu splývavosti DC, přesahující kvadrát frekvenčních amplitud o hodnotě 0,25, a jak frekvenční charakteristiky přesahující hodnotu kvadrátu 0,5.

Tab. 4 Vymezení frekvenčních intervalů pro jednotlivé materiály

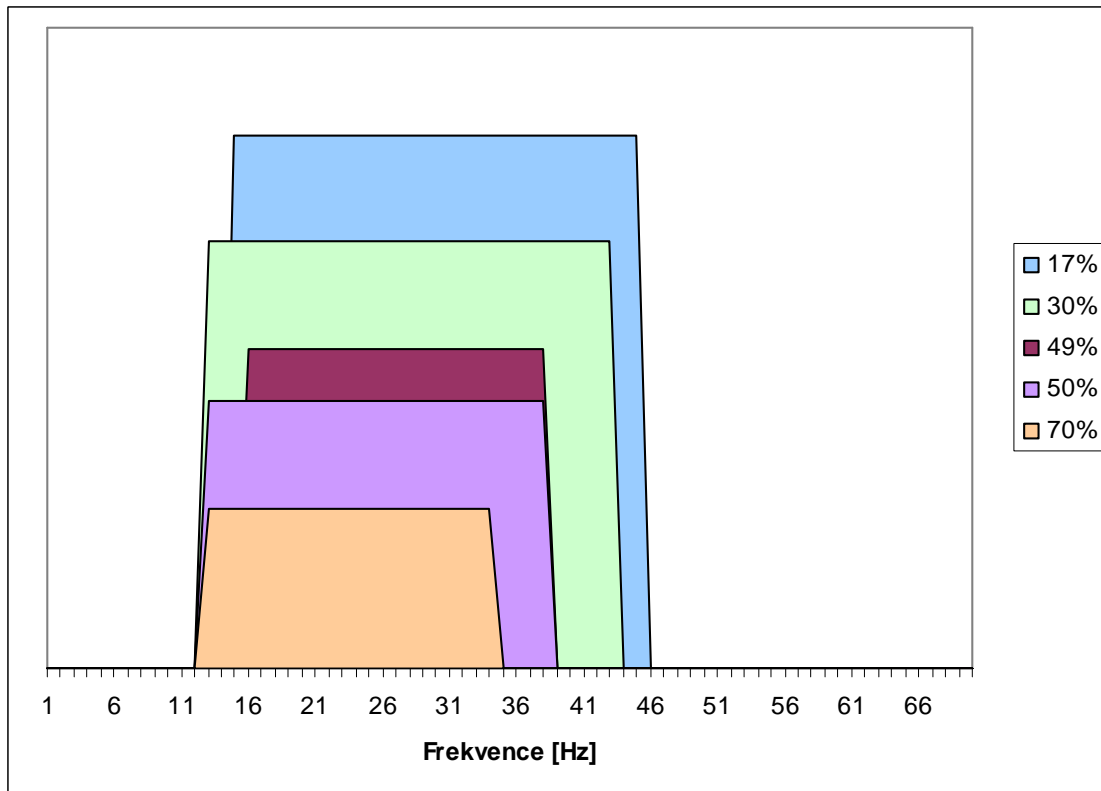
Materiál	Průměrná splývavost DC [%]	Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad 0,25		Hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud nad 0,5	
		min	max	min	max
1.	16,6	13	54	14	45
2.	70,9	12	36	12	34
3.	49,7	13	40	14	38
4.	30,2	11	49	12	44
5.	51,1	11	38	12	38

U materiálů č. 3 a 5, jejichž koeficient splývavosti je přibližně stejný, můžeme vidět, že frekvenční intervaly jsou téměř shodné. Při bližším porovnání si můžeme povšimnout, jak se liší frekvenční intervaly jednotlivých stupňů splývavosti. Minimální hodnoty intervalů se pohybují na přibližně stejné frekvenci. Ovšem liší se šířka intervalů. Pro materiály s velmi nízkým koeficientem splývavosti, jako např. materiál č. 1 s průměrným DC 16,6%, je frekvenční interval širší než intervaly ostatních materiálů.

Na obr. 20 a,b můžeme vidět grafické vyjádření šířek jednotlivých intervalů. Je zde tedy patrné, že se zvyšujícím se koeficientem splývavosti se šířka intervalu zmenšuje. A to jak při porovnávání dat přesahujících hodnotu kvadrátu frekvenčních amplitud 0,25, tak i u dat přesahujících hodnotu kvadrátu 0,5. Jak je vidět z grafického znázornění, intervaly se velkou částí překrývají. Avšak materiály s DC kolem 17% mohou dosahovat frekvenční hodnoty až 45 Hz a více, kdežto materiál s 50% splývavostí nepřesáhne hodnotu frekvence 40 Hz a materiál s DC 70% nepřesáhne hodnotu frekvence 35.



Obr. 20 a Grafické znázornění jednotlivých intervalů nad hodnotu kvadrátu frekvenčních amplitud 0,25



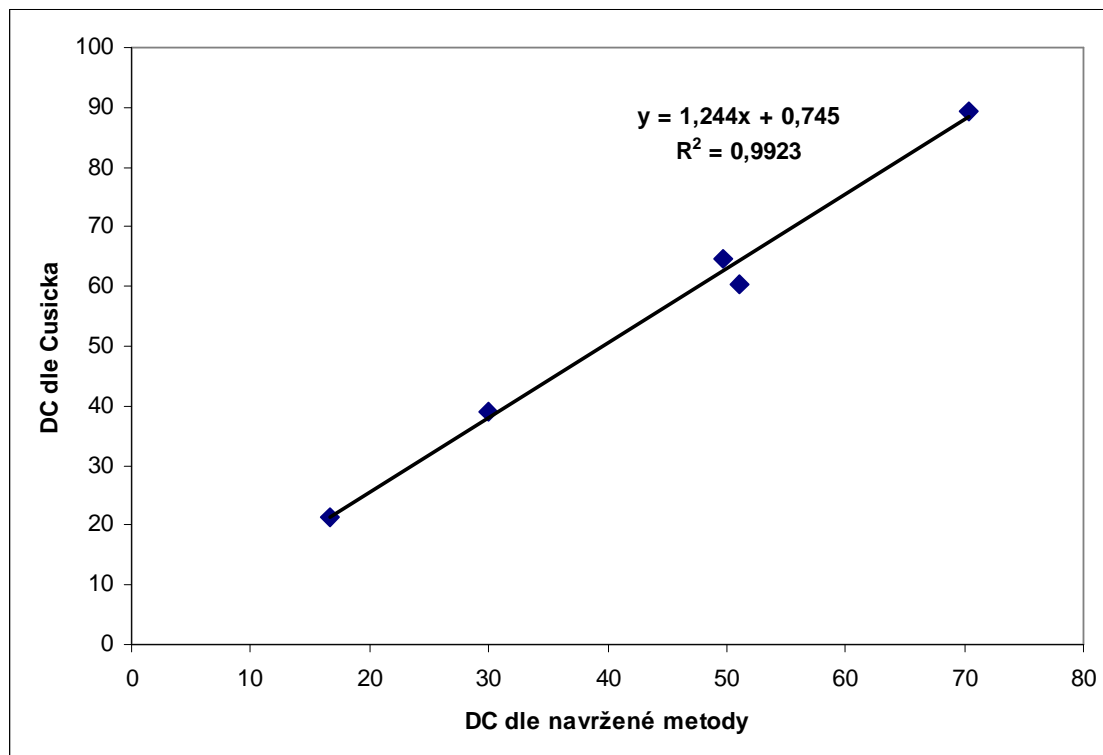
Obr. 20 b Grafické znázornění jednotlivých intervalů nad hodnotou kvadrátu frekvenčních amplitud 0,5

#### 5.2.4 Porovnání hodnocení koeficientu splývavosti dle Cusicka a nově navržené metody

V grafu 12. bylo porovnáno, jakým způsobem se odlišují koeficienty splývavosti měřených materiálů určené pomocí dvou různých metod. První metodou byla klasická Cusickova metoda a druhou byla nově navržená metoda, při které byl použit 3D scanner.

Jak můžeme vidět z grafu, nedochází k žádným výrazným výkyvům. Tato drobná vychýlení mohou být dána rozdílným způsobem měření použitých vzorků. V grafu byly porovnány hodnoty splývavosti měřené pomocí obrazové analýzy a hodnoty měřené pomocí triangulačního laserového scanneru. Tyto hodnoty byly použity pro navržení nové metody.

V tabulce 4. pak můžeme porovnat hodnoty koeficientů splývavosti a jejich rozdíly. Přestože jsou hodnoty měřené pomocí klasické metody dle Cusicka vyšší než hodnoty 3D scanneru, dle grafu můžeme říci, že hodnoty koeficientu splývavosti na sobě závisí.



Graf 12. Porovnání hodnot koeficientů splývavosti získané použitím klasické obrazové analýzy a triangulačního scanneru

Tab. 5 Rozdíl koeficientů splývavosti určené dle Cusickovy klasické metody a triangulačního scanneru

<b>Číslo materiálu</b>	<b>Název materiálu</b>	<b>Koeficient splývavosti dle obrazové analýzy [%]</b>	<b>Koeficient splývavosti dle triangulačního laserového scanneru [%]</b>
<b>1.</b>	Pinkdots	21,29	16,64
<b>2.</b>	Jeans	89,278	70,4
<b>3.</b>	Pinkdred	64,64	49,74
<b>4.</b>	Pruh	39,088	30,02
<b>5.</b>	Blue	60,498	51,1

### 5.3 Vliv tvaru splývající textilie na frekvenční charakteristiky FFT

Při měření splývavosti pomocí klasické Cusickovy metody je výsledkem pouze jediná hodnota, a tou je koeficient splývavosti DC. Ten nám bohužel nepopisuje tvar splývající textilie. V některých případech se může stát, že dva naprosto odlišné materiály budou mít stejný koeficient splývavosti DC, ale tvary splývajících vzorků materiálů budou odlišné např. v počtu nebo hloubce vln.

Proto se tato práce zabývá zkoumáním, zda se pomocí Fourierovy transformace dá popsat nejen stupeň splývavosti, ale také tvar splývajícího materiálu. Tato metoda navazuje na alternativní metodu zjišťování koeficientu splývavosti za pomoci FFT, která je popsána v předchozí kapitole.

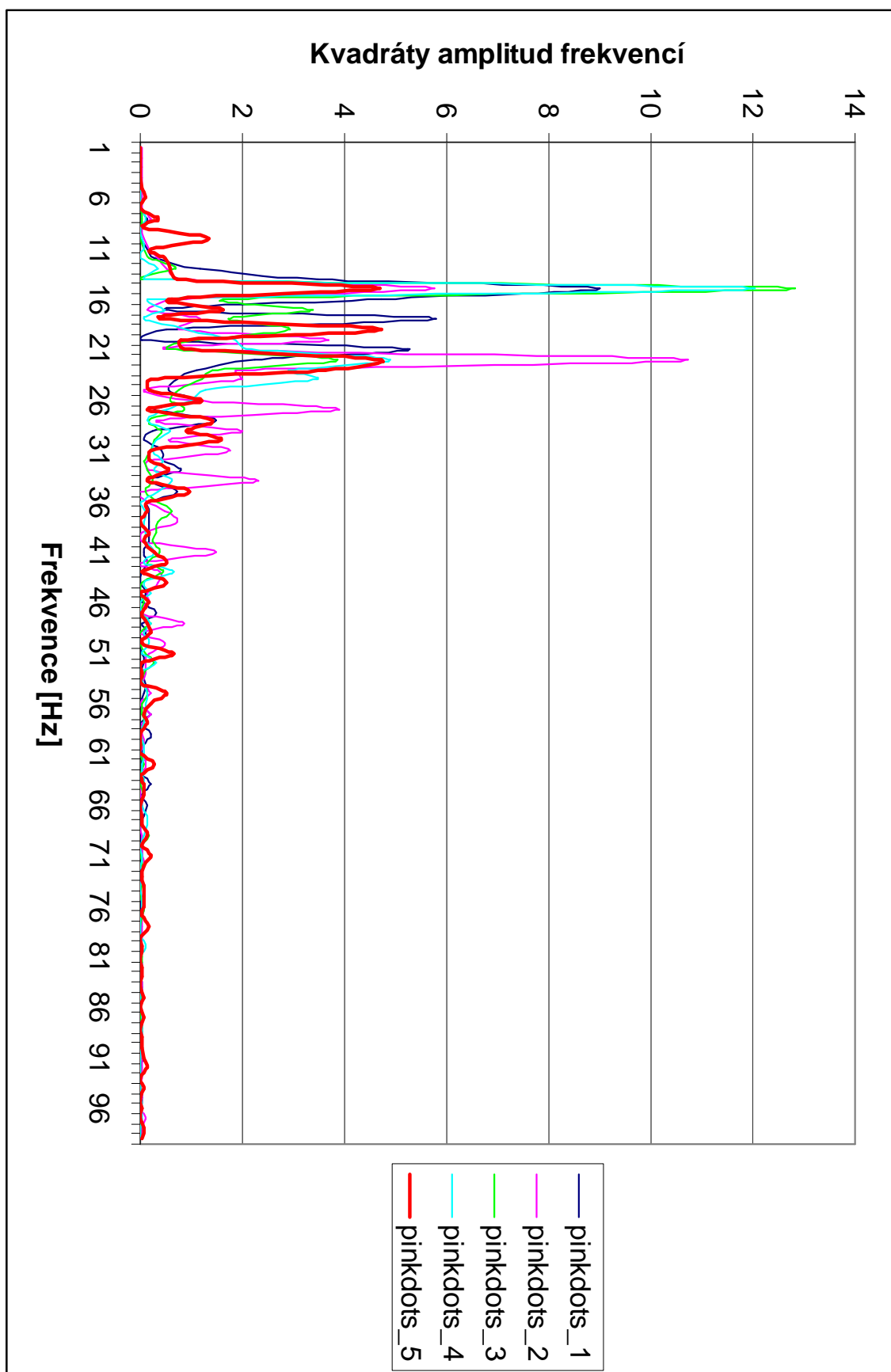
#### 5.3.1 Vliv tvaru splývající textilie na výšku frekvenční charakteristiky

Cílem této metody bylo zjistit, zda existuje souvislost mezi tvarem splývajícího vzorku materiálu a grafem frekvenční charakteristiky. Konkrétně byl zkoumán vliv počtu vnějších vln splývajícího vzorku na výšku kvadrátu amplitudy frekvence.

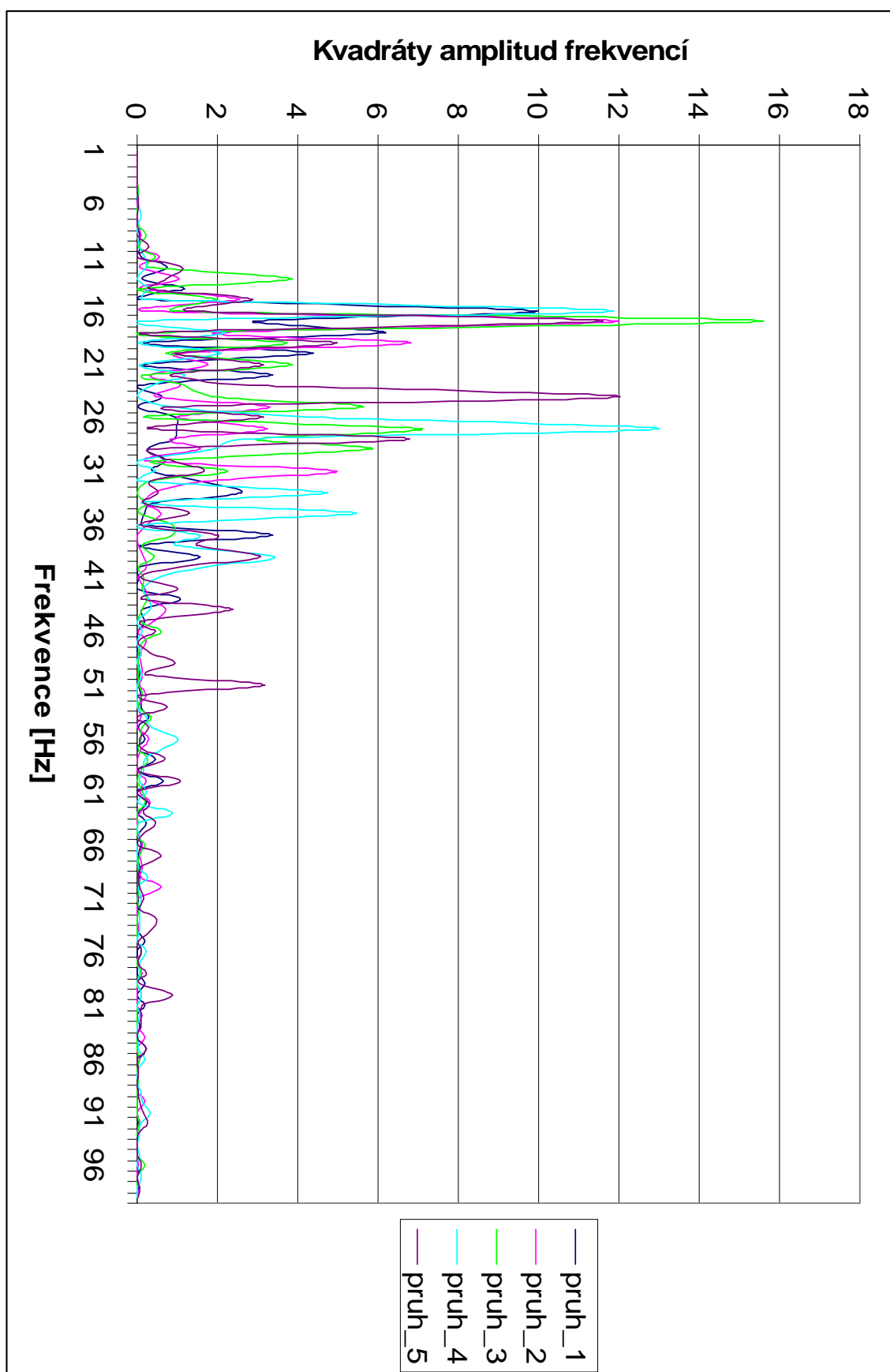
Nejprve byly porovnávány frekvenční charakteristiky vzorků jednotlivých materiálů. Zvláště jak se chovají kvadráty frekvenčních amplitud. Tyto frekvenční charakteristiky pak byly hodnoceny v závislosti na tvaru obrysu naměřeného vzorku.

V grafu 13. můžeme vidět vykreslené frekvenční charakteristiky všech vzorků materiálu č. 1. Jedná se o velmi lehký materiál a vysokou splývavostí, jehož průměrný koeficient splývavosti DC je 16,64%. Počet vnějších vln tohoto materiálu byl 9. U vzorků *Pinkdots\_1-4* můžeme sledovat přibližně stejnou výšku kvadrátu frekvenčních amplitud. V grafu byla červenou barvou zvýrazněna frekvenční charakteristika vzorku, jehož počet vln byl pouze 8 a hodnota jeho koeficientu splývavosti byla o 2% větší než průměrná hodnota. Výška kvadrátu amplitud frekvencí je nižší než u ostatních frekvenčních charakteristik.

Graf 14. vykresluje frekvenční charakteristiky materiálu č. 5 s názvem *Pruh*. Průměrný koeficient splývavosti tohoto materiálu je 30,02%. Jednotlivé koeficienty splývavosti byly přibližně stejné. Pouze jeden z naměřených vzorků vytvořil 9 vln, ostatní vzorky materiálu vytvořily 8 vln. V grafu frekvenční charakteristika tohoto vzorku označena zelenou barvou. Na pohled je zřejmé, že výška kvadrátu amplitud frekvencí této charakteristiky dosahuje hodnoty 16 a převyšuje tak všechny ostatní charakteristiky, které se pohybují kolem hodnoty 12.



Graf 13. Frekvenční charakteristiky materiálu *Pinkdots* s průměrným DC= 16,64%



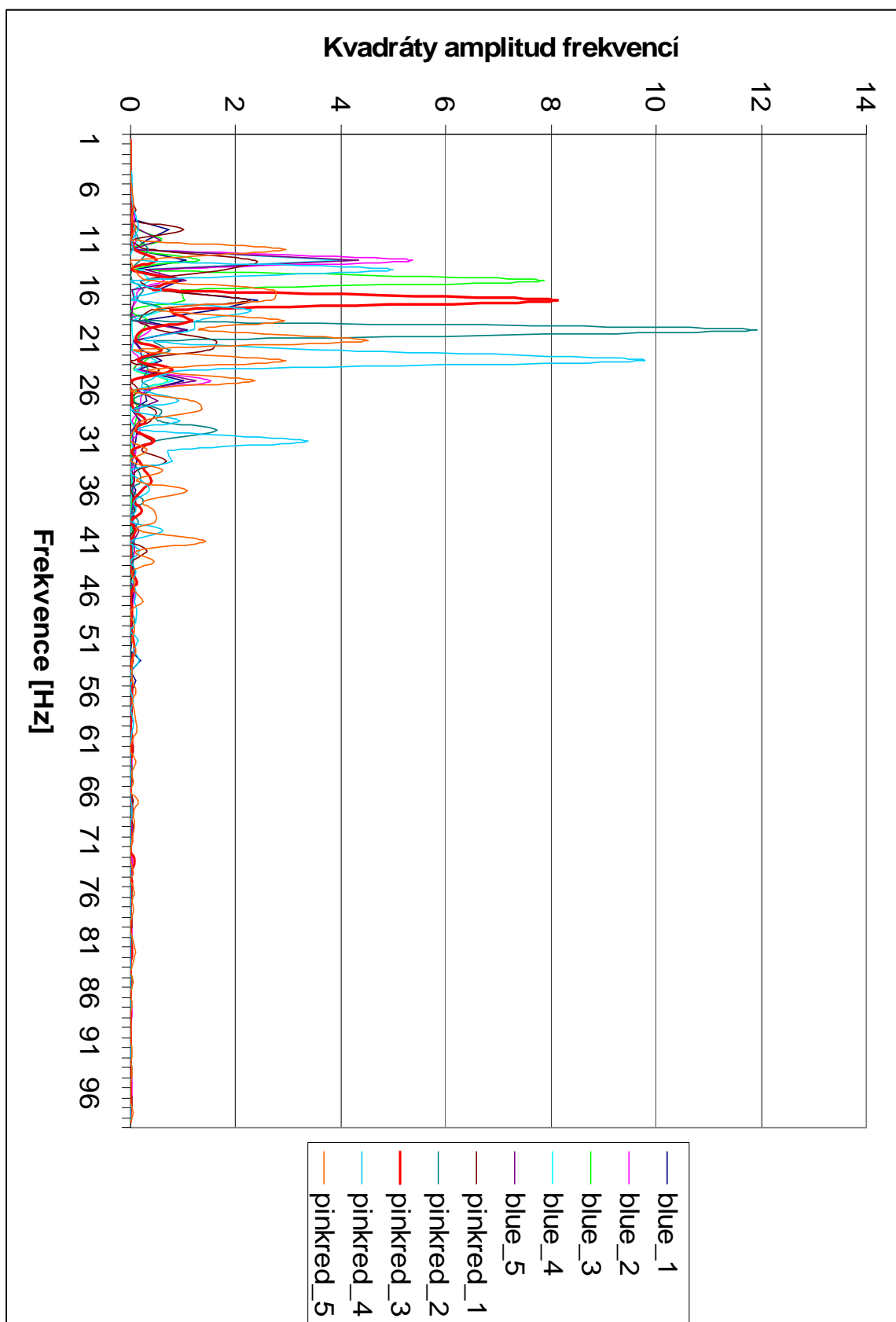
Graf 14. Frekvenční charakteristiky materiálu **Pruh** s průměrným DC= 30,02%

Při porovnávání grafu 14. s předchozím grafem, který zobrazuje frekvenční charakteristiky velmi splývavého materiálu se stupněm splývavosti přibližně 17% můžeme vyčíst, že výšky amplitud frekvencí jsou závislé na počtu vnějších vln. Můžeme tedy předem předpokládat, že vzorky, které při samovolném splývání vytvoří více vln, budou mít frekvenční charakteristiky s vyšším kvadrátem frekvenční amplitudy.

Dále byly porovnány frekvenční charakteristiky materiálů, které měly koeficient splývavosti přibližně 50%. Obrisy průmětů vzorků se však lišily počtem vln. U materiálu **Pinkred** se vyskytl vzorek, který měl až 10 vln, zatímco u materiálu **Blue** převažovaly vzorky se 7 vlnami. Proto byly frekvenční charakteristiky vykresleny do grafu 15., aby mohly být porovnány. V grafu můžeme vidět, že frekvenční charakteristiky vzorků obou materiálů, které vytvořily jen 7 vln, mají přibližně stejné výšky frekvenčních amplitud. Tyto amplitudy se pohybují v oblasti kvadrátů 3 – 6. Do oblasti kvadrátů 7-10 dosahují frekvence vzorků s 8 vlnami. A vzorek s amplitudou frekvence dosahující až kvadrátu 12 měl vln 10.

V grafu je červenou barvou zvýrazněna charakteristika, která dosahuje stejné oblasti kvadrátů jako vzorky s 8 vlnami. Tento vzorek narozdíl od ostatních 8-vlnných vzorků vytvořil 9 vln. Podle předpokladu, že vzorky s větším počtem vln dosahují vyšších kvadrátů amplitud frekvencí, bychom mohli vzorek označit za vychýlené měření. V tomto případě se pak musí přihlídnout k hodnotě koeficientu splývavosti. Pokud je hodnota koeficientu splývavosti vyšší, výška amplitud frekvencí se snižuje.





Graf 15. Frekvenční charakteristiky materiálů **Pinkred** a **Blue** s DC přibližně 50%

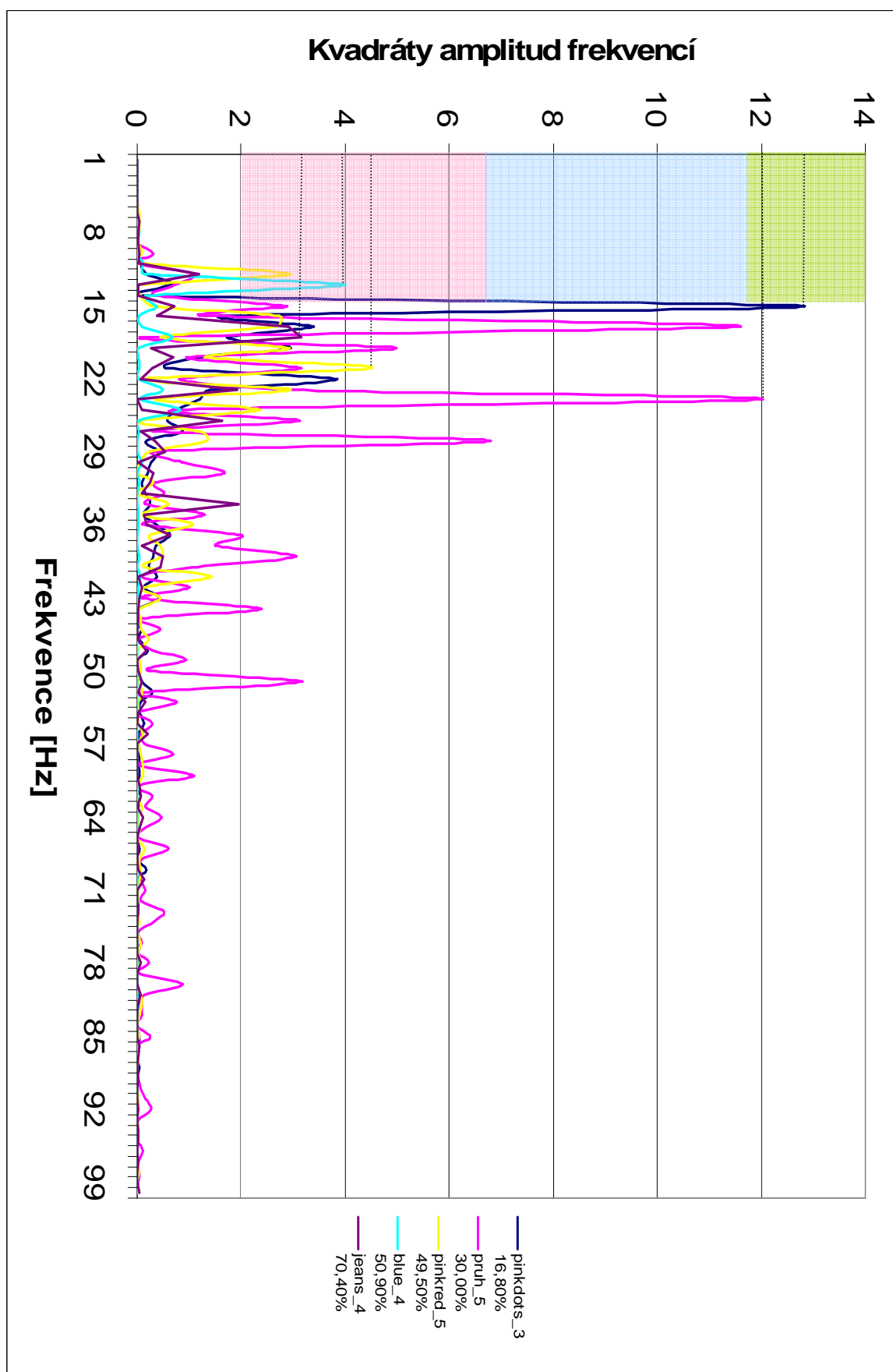
Pro porovnání všech typů materiálů byly od každého druhu vybrány vzorky, jejichž koeficient splývavosti byl co nejbližší k průměrnému DC. Průměrné frekvence jednotlivých materiálů byly vykresleny do jednoho grafu (graf 16.), aby bylo zjištěno, zda počet vln má opravdu vliv na výšku kvadrátu frekvenční amplitudy.

Materiály *Pinkdots*, *Pinkred*, *Blue* měli průměrně jen 7 vln. Pro znázornění je v grafu 16. vidět, že frekvenční charakteristiky těchto materiálů dosahují přibližně stejné výšky kvadrátů frekvenčních amplitud. Tato oblast byla označena růžovou barvou. Dále byly v grafu modrou a zelenou barvou vyznačeny oblasti, do kterých zasahují frekvenční charakteristiky vzorků s nižším koeficientem splývavosti a vyšším počtem vln.

Na základě předchozích grafů byla sestavena tabulka, která určuje kvadráty frekvenčních amplitud pro jednotlivé počty vln s přihlédnutím na stupeň splývavosti materiálu.

Tab. 6 Určení kvadrátů frekvenčních amplitud pro jednotlivé počty vln

Stupeň splývavosti	Výška kvadrátu amplitud frekvencí		
	7 vln	8 vln	9vln
<b>16%</b>	---	4 - 8	8 - 13
<b>30%</b>	3 - 8	8 - 13	13 - 16
<b>50%</b>	3 - 6	7 - 10	10 – 13
<b>70%</b>	0,5 – 1,5	1,5 – 3,5	---



Graf 16. Porovnání průměrných frekvencí všech vzorků

### 5.3.2 Zkoumání vlivu tvaru splývavosti na frekvenční charakteristiky v různých vrstvách

Předchozí podkapitola byla zaměřena na zkoumání vlivu tvaru splývající textilie na výšku frekvenční charakteristiky. Pro toto zkoumání byla použita pouze frekvenční charakteristika nejspodnější vrstvy vzorků.

Hodnocení tvaru vzorků dle nejspodnějších vrstev může být poněkud zavádějící, protože počet vrstev není ve všech případech stejný. Aby bylo dosaženo přesnějšího popsání 3D tvaru splývající textilie z hlediska počtu vln, zkoumání se zaměřilo na ostatní vrstvy. Jednotlivé vzorky byly porovnávány ve stejných úrovních vrstev, a to ve vrstvě 10. a 8. .

#### 10. vrstva

V grafu 17. jsou vykresleny frekvenční charakteristiky 10. vrstvy materiálu *Pinkdots* s průměrným  $DC = 16,64\%$ . Jsou zde zvýrazněny silnější čarou charakteristiky vzorků, jejichž koeficienty splývavosti se nejvíce přibližují průměrné hodnotě. Tyto tři vzorky při splývání vytvořily 9 vln a jak je z grafu vidět, významné frekvenční amplitudy dosahují stejných hodnot kvadrátu amplitud frekvencí.

V dalším grafu 18. jsou vykresleny frekvenční charakteristiky vzorků materiálu *Pruh*. Tento materiál vykazuje splývavost přibližně 30%. Vzorek č. 1, vyznačený modrou barvou, a vzorek č. 5, vyznačený fialovou barvou, vytvořil při splývání 8 vln. Jejich významné frekvenční amplitudy dosahují hodnot kvadrátu frekvenčních amplitud 8. Zeleně je označen vzorek č. 3, který měl vln 9. Jak je z grafu patrné, zelená frekvenční amplituda výrazně přesahuje ostatní amplitudy vzorků se stejným DC, ale menším počtem vln.

Graf č. 19 je byl zaměřen na dva velmi podobně splývající materiály. A to materiály *Blue* a *Pinkred*, jejichž průměrná hodnota DC byla přibližně 50%. Nejvýraznější frekvenční amplituda charakterizuje vzorek č. 2 materiálu *Pinkred* a dosahuje hodnoty kvadrátu 12. Tento vzorek při splývání vytvořil nejvyšší počet vln a to 10. Jak je z grafu vidět, tato frekvenční charakteristika výrazně přesahuje všechny ostatní.

Další vzorky s vyšším počtem vln jsou vzorek č. 4, *Pinkred* a vzorek č. 3, *Blue*. Tyto vzorky vytvořily 8 vln a jsou v grafu vyznačeny oranžovou a zelenou křivkou.

Frekvenční amplitudy těchto vzorků dosahují stejné oblasti kvadrátů amplitud frekvencí (5-8). V této oblasti se nachází ještě modrá křivka frekvenční charakteristiky (vzorek č. 3, *Pinkred*). Tento vzorek vytvořil 9 vln, ale hodnota DC byla o 4 % vyšší než průměrný DC. Jak bylo dříve zjištěno, s rostoucí hodnotou DC se snižuje hodnota dosaženého kvadrátu frekvenčních amplitud. Proto tato křivka dosahuje stejné oblasti jako křivky s menším počtem vln, ale nižší hodnotou koeficientu splývavosti, která se velmi blížila k průměrné hodnotě DC.

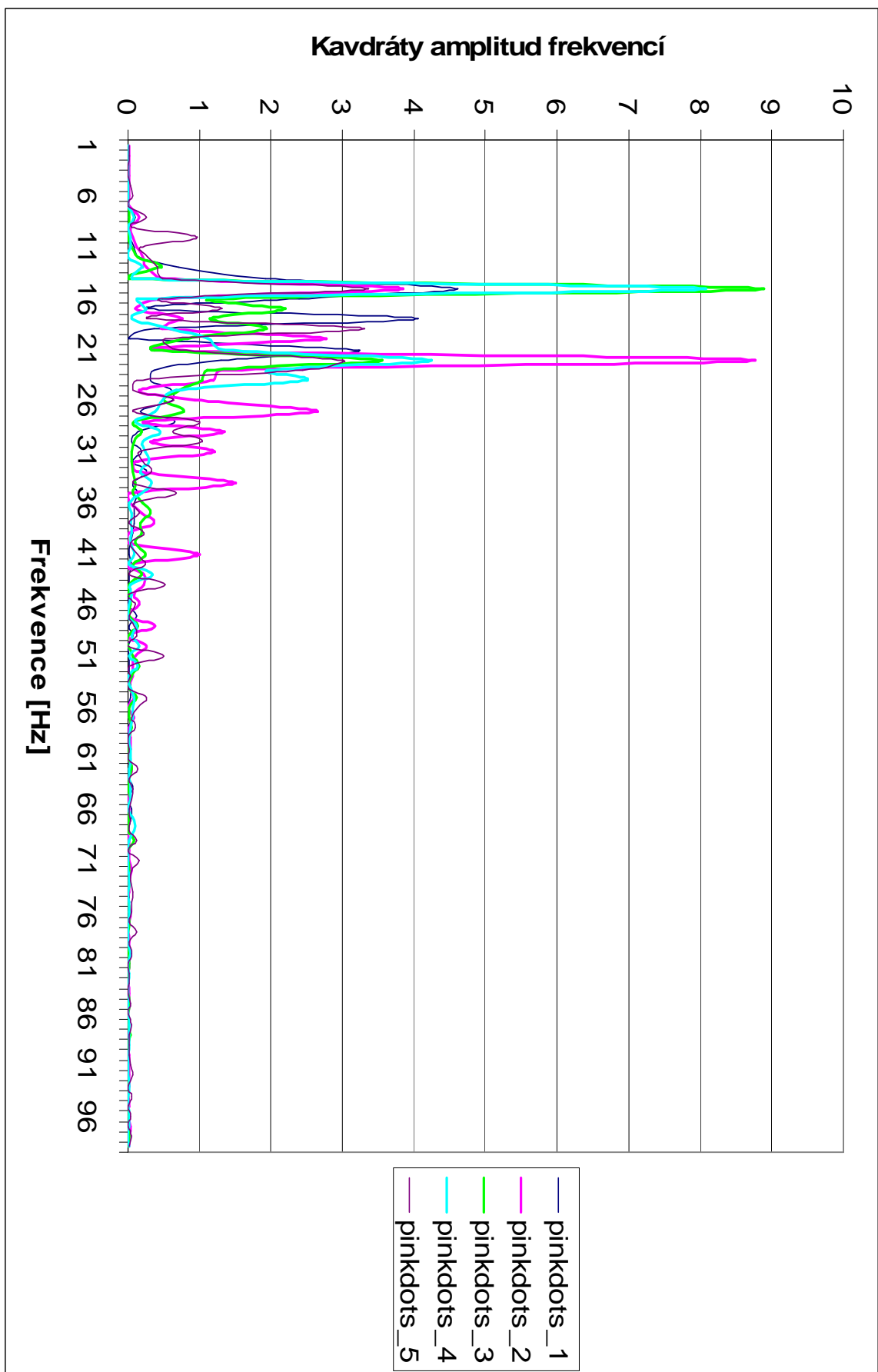
Vzorky s nižším počtem vln jsou v grafu zvýrazněny fialovou, tyrkysovou a růžovou barvou. Všechny tyto vzorky měly 7 vln a jejich koeficient splývavosti se blížil průměrné hodnotě DC. Frekvenční amplitudy těchto vzorků se pohybují ve stejné oblasti, a to mezi hodnotami kvadrátů amplitud frekvencí 2 a 4.

V grafu 20. byly vykresleny všechny průměrné frekvenční charakteristiky vzorků materiálů v 10. vrstvě. Při porovnání s grafem 16., který vykresluje všechny průměrné frekvenční charakteristiky v nejspodnější vrstvě, si můžeme povšimnout, že grafy jsem téměř totožné. Liší se pouze výška frekvenčních amplitud, protože čím je vrstva umístěna níže, tím se hodnoty kvadrátů amplitud frekvencí zvyšují.

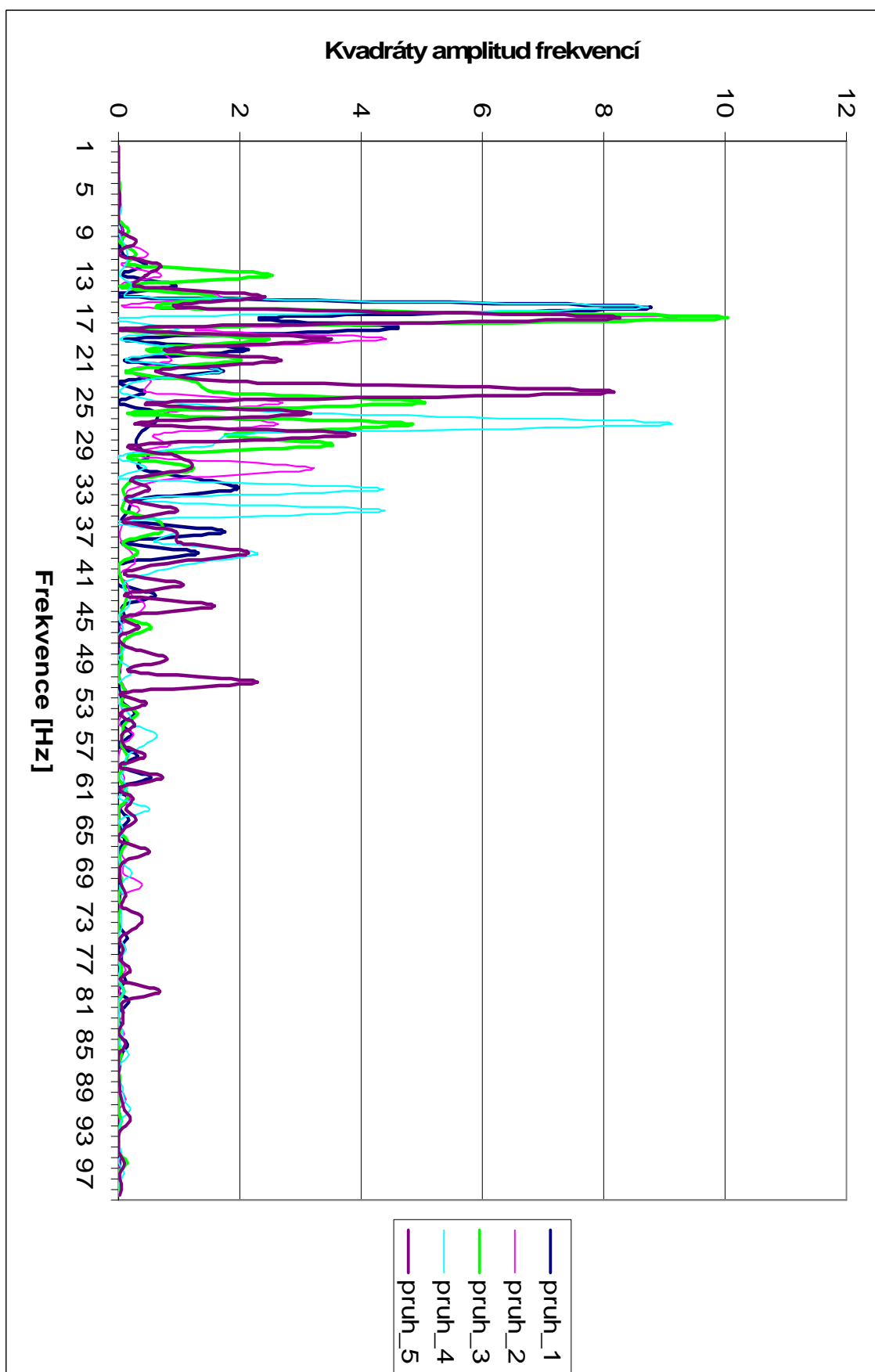
Stejně jako u zkoumání vlivu tvaru vzorku na nejspodnější vrstvy byla vytvořena tabulka č. 7, která určuje oblasti kvadrátů frekvenčních amplitud.

Tab. 7 Určení kvadrátů frekvenčních amplitud pro jednotlivé počty vln v 10.vrstvě

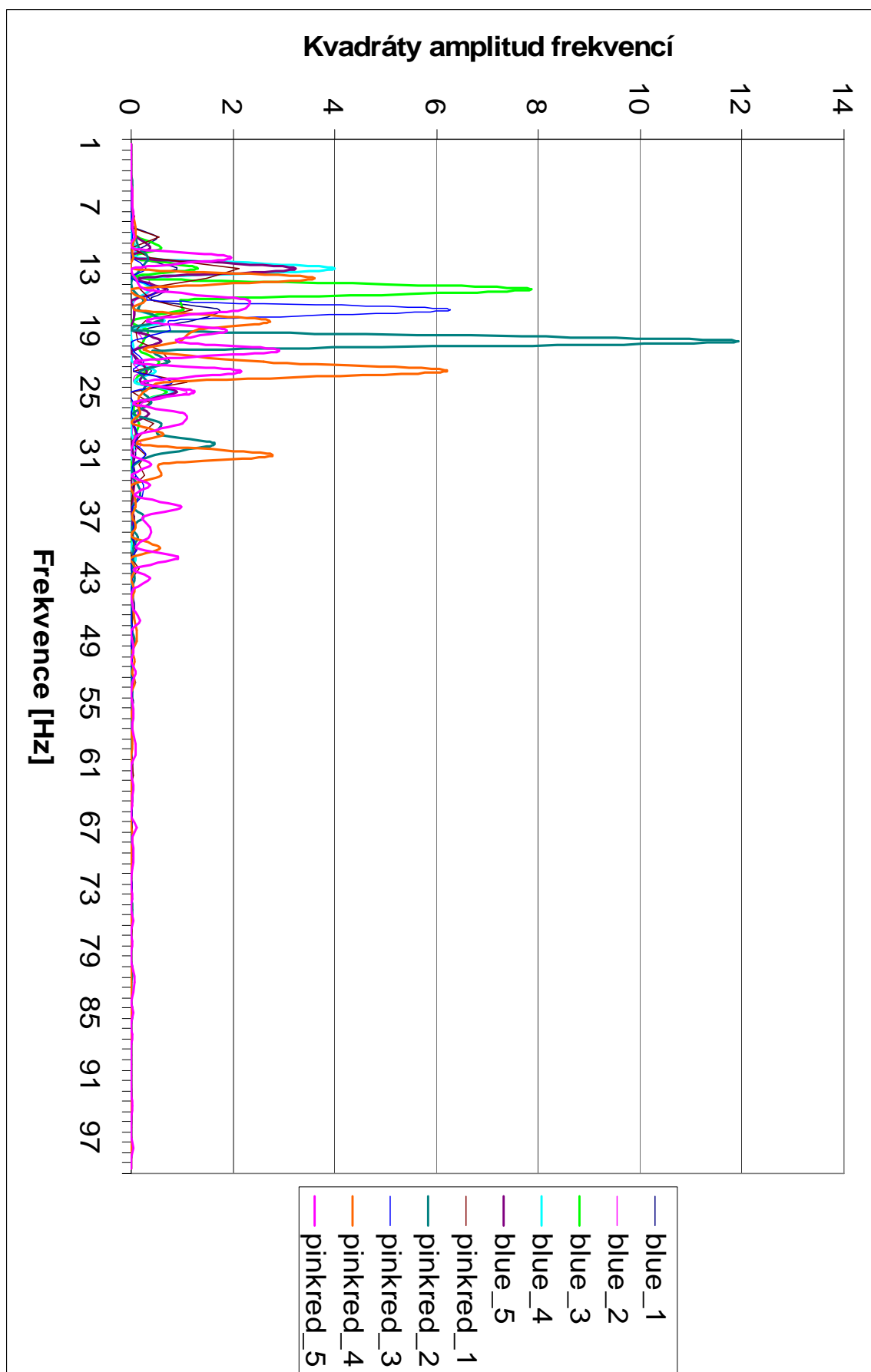
Stupeň splývavosti	Výška kvadrátu amplitud frekvencí pro 10. vrstvu		
	7 vln	8 vln	9vln
16%	---	3 - 6	6 - 9
30%	3 - 7	7 - 8	8 - 10
50%	2 - 4	5 - 7	7 – 9
70%	0,5 – 1	1 – 2,5	---



Graf 17. Frekvenční charakteristiky materiálu *Pinkdots* v 10. vrstvě

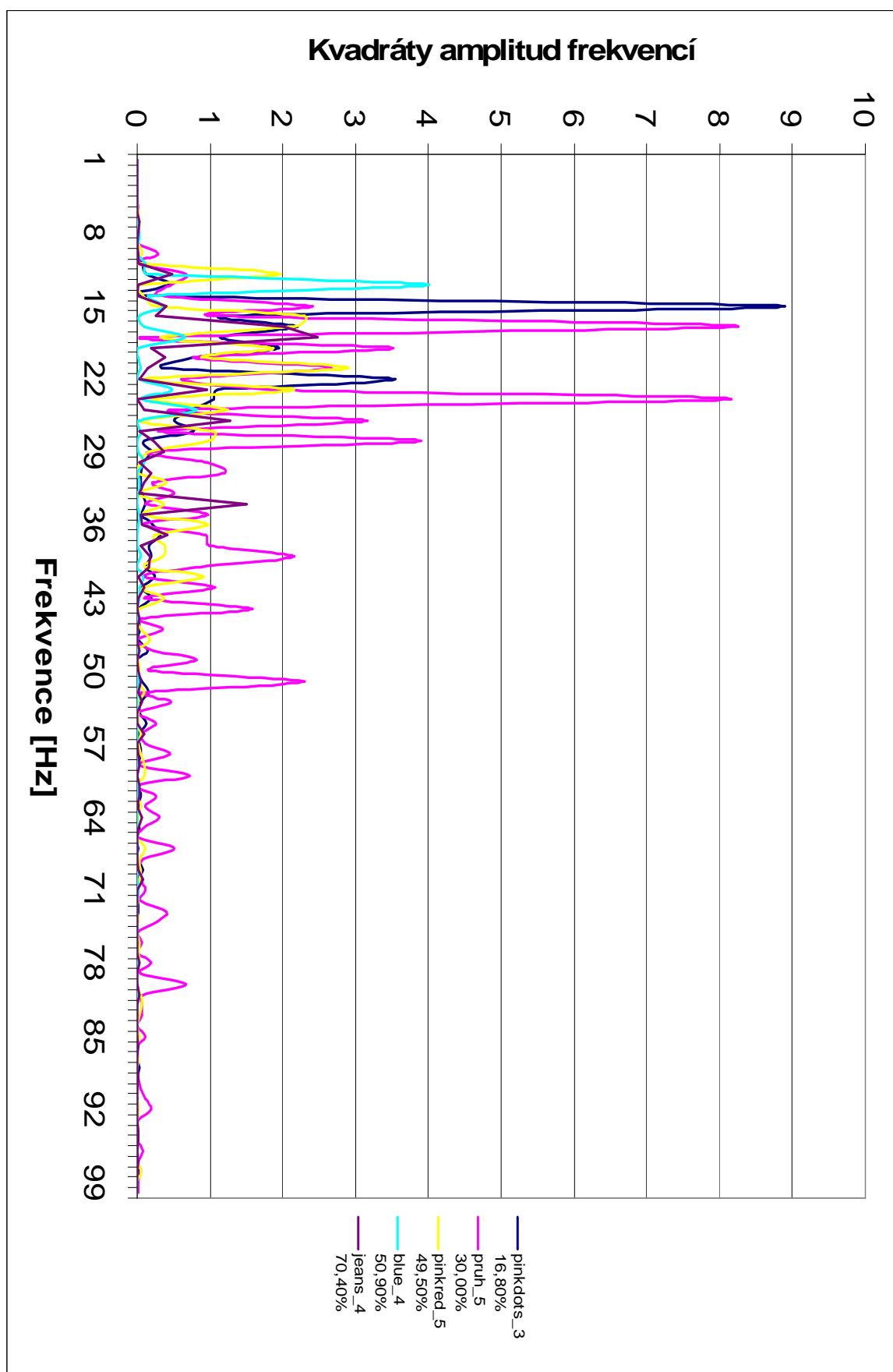


Graf 18. Frekvenční charakteristiky materiálu **Pruh** v 10. vrstvě



Graf 19. Frekvenční charakteristika materiálů **Blue** a **Pinkred** v 10. vrstvě





Graf 20. Porovnání průměrných frekvencí všech vzorků v 10. vrstvě

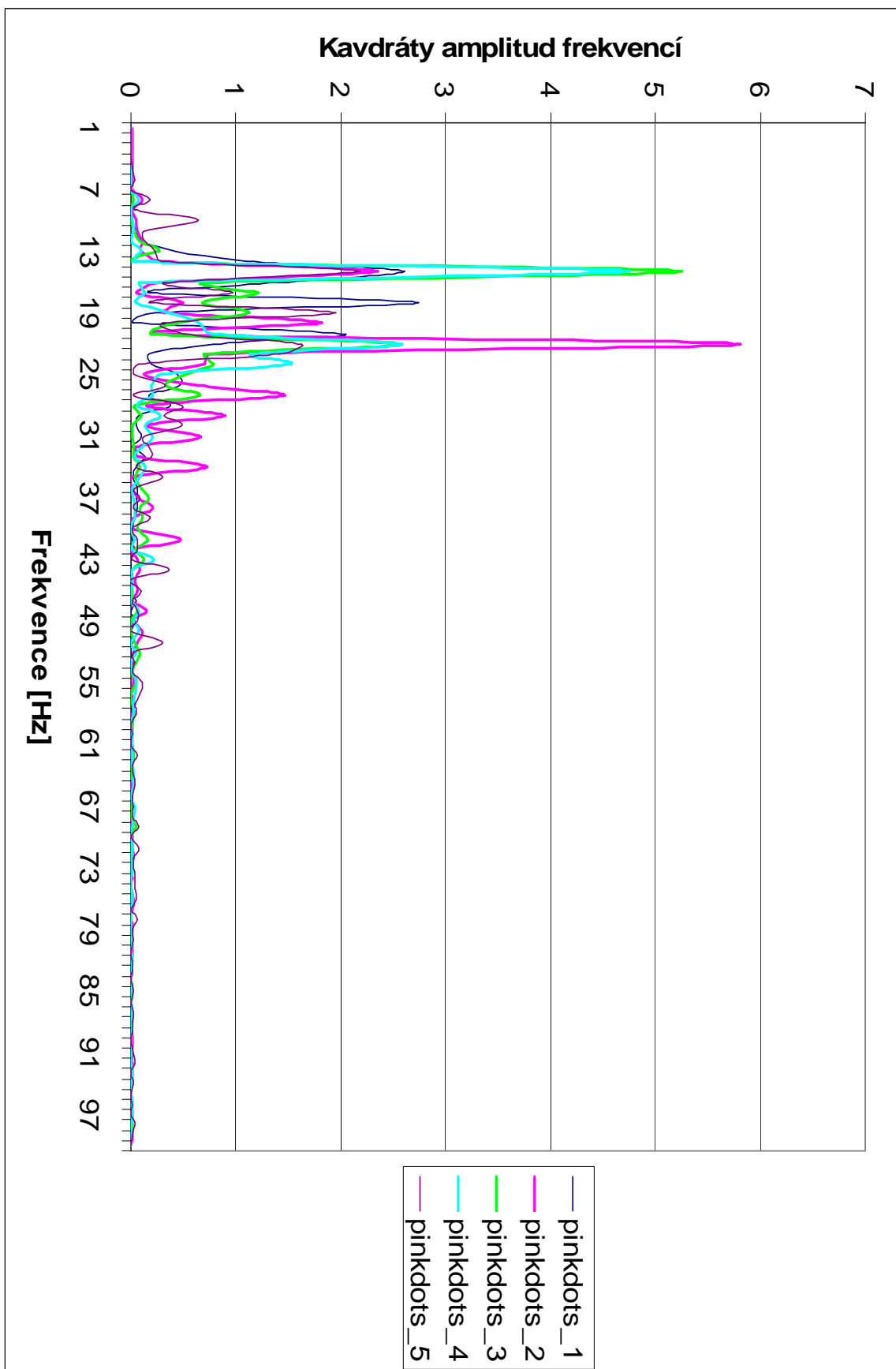
## 8. vrstva

Při porovnání frekvenčních charakteristik vzorků v nejspodnější, v 10. i 8. vrstvě můžeme vidět, že rozložení amplitud frekvencí zůstává stejné. Jediné, co se liší, je hodnota kvadrátů frekvenčních amplitud, do které zasahují významné frekvenční amplitudy vzorků. Se zvyšující se vrstvou se výšky amplitud snižují.

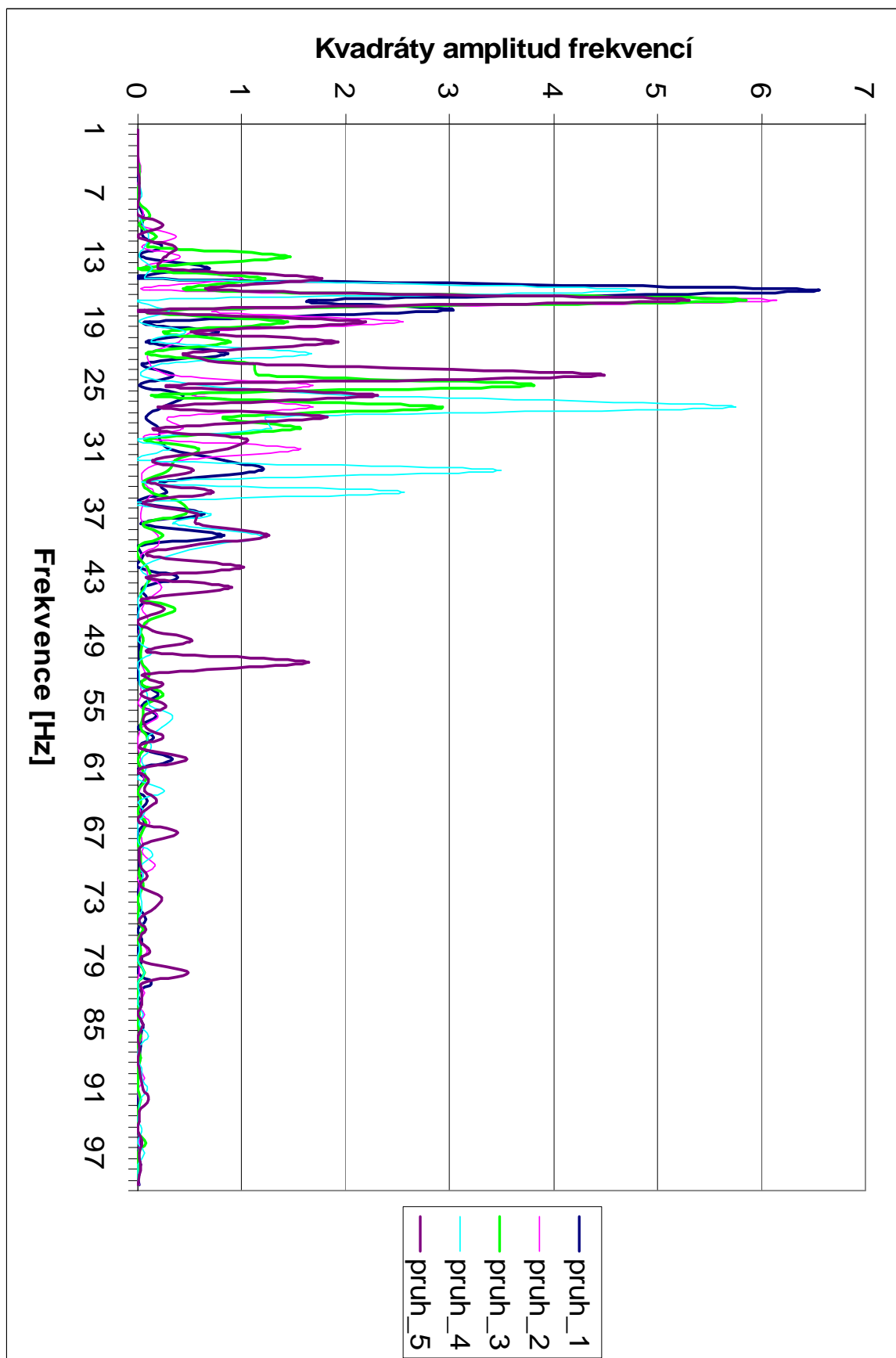
Také pro tuto vrstvu byla vypracována tabulka, určující oblasti kvadrátů frekvenčních amplitud.

Tab. 8 Určení kvadrátů frekvenčních amplitud pro jednotlivé počty vln v 8.vrstvě

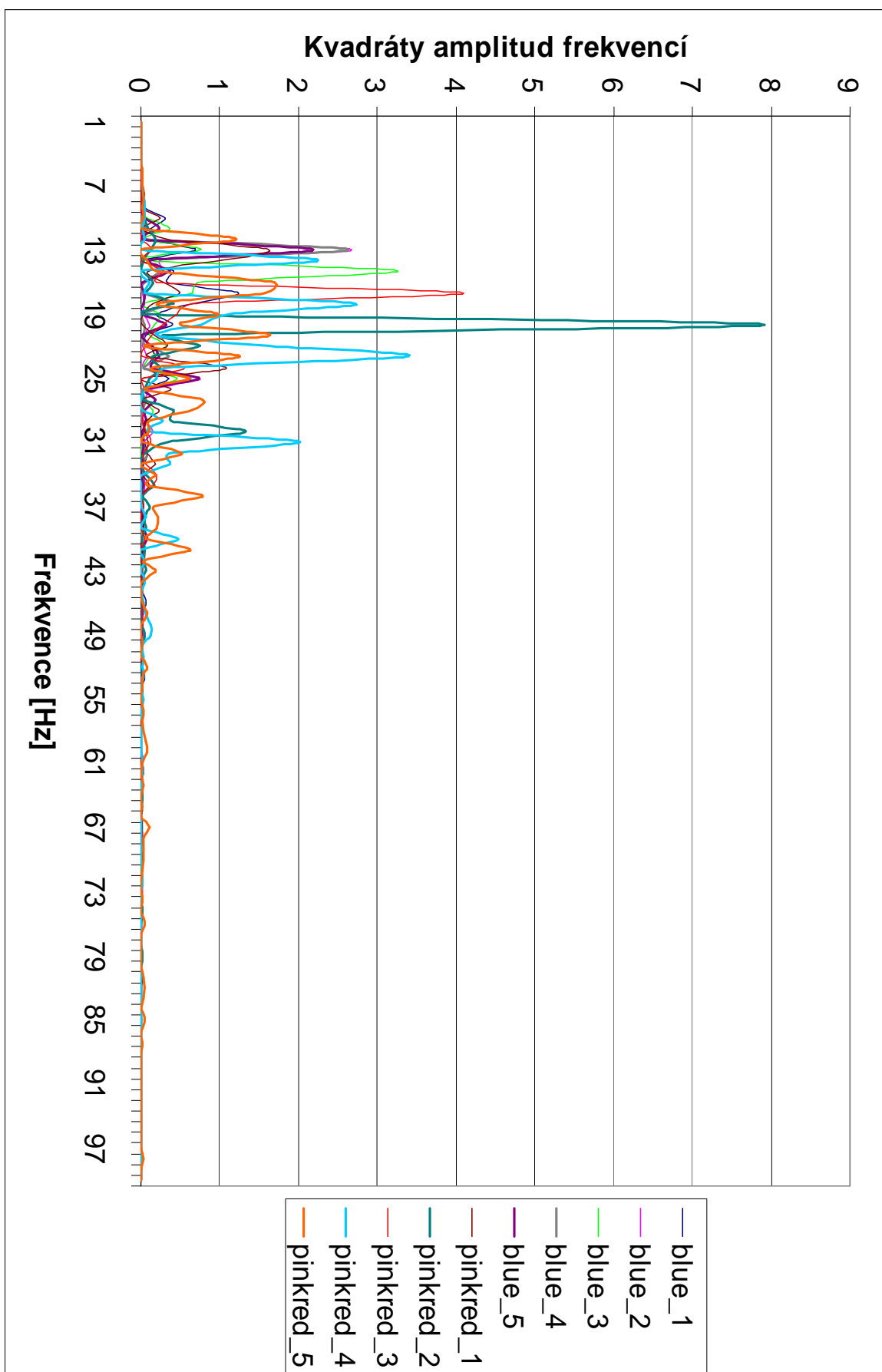
Stupeň splývavosti	Výška kvadrátu amplitud frekvencí pro 10. vrstvu		
	7 vln	8 vln	9vln
16%	---	1,5 - 4	4 - 6
30%	3 - 5	5 - 6	6 - 8
50%	1 - 3	3 - 5	5 – 7
70%	0,2 – 0,5	0,5 – 1	---



Graf 21. Frekvenční charakteristika materiálu *Pinkdots* v 8. vrstvě



Graf 22. Frekvenční charakteristika materiálu *Pruh* v 8. vrstvě



Graf 23. Frekvenční charakteristika materiálů **Blue** a **Pinkred** v 8. vrstvě

### 5.3.3 Porovnání frekvenčních charakteristik v různých vrstvách vzhledem k počtu vln

Z předchozích grafů je patrné, že nejen stupeň splývavosti ovlivňuje frekvenční charakteristiky vzorků. Kromě DC je charakteristika ovlivněna také počtem vln, který splývající vzorek samovolně vytvoří.

Některé materiály mohou vykazovat stejný stupeň splývavosti, ale tvar splývavého vzorku se může lišit počtem vytvořených vln. Při porovnání charakteristik těchto vzorků můžeme pozorovat, že frekvenční amplitudy vzorků s vyšší počtem vln dosahují vyšších hodnot kvadrátů amplitud frekvencí. U nejspodnějších vln jsou frekvenční amplitudy nejvyšší, se zvyšující se úrovní vrstvy hodnota kvadrátu amplitudy klesá.

V následující tabulce 9. jsou shrnuty poznatky z předchozích tabulek určující hodnoty kvadrátů, do kterých zasahují frekvenční amplitudy vzorků s různým počtem vln.

Tab. 9 Hodnoty kvadrátů frekvenčních amplitud pro různé vrstvy a počty vln

Stupeň splývavosti	Výška kvadrátu amplitud frekvencí								
	Nejspodnější vrstva			10. vrstva			8. vrstva		
	7 vln	8 vln	9 vln	7 vln	8 vln	9 vln	7 vln	8 vln	9 vln
16%	--	4 - 8	8 - 13	--	3 - 6	6 - 9	--	1,5 - 4	4 - 6
30%	3 - 8	8 - 13	13 - 16	3 - 7	7 - 8	8 - 10	3 - 5	5 - 6	6 - 8
50%	3 - 6	7 - 10	10 - 13	2 - 4	5 - 7	7 - 9	1 - 3	3 - 5	5 - 7
70%	0,5 - 1,5	1,5 - 3,5	--	0,5 - 1	1 - 2,5	--	0,2 - 0,5	0,5 - 1	--

## **Závěr**

Cílem diplomové práce bylo navržení nové metodiky hodnocení splývavosti z hlediska 3D geometrie deformace splývající textilie.

Pro navrženou metodiku hodnocení splývavosti byla použita Fourierova analýza dat a byla vypracována pomocí počítačového programu Matlab, ve kterém byla využita funkce Rychlé Fourierovy transformace (FFT).

V první třetině experimentální části jsou uvedeny tabulky charakteristik pěti použitých materiálů a hodnot koeficientů splývavosti jednotlivých vzorků. Dále pak bylo popsáno zpracování dat a jejich příprava na podrobení se Fourierově analýze.

V druhé třetině byla naměřená data, již podrobená Fourierově analýze, vyhodnocena z hlediska vlivu stupně splývavosti na frekvenční charakteristiky. Pro jednotlivé materiály zde byly zjištěny intervaly frekvenčních hodnot, které určují právě stupeň splývavosti pro dané materiály. V grafech byly znázorněny především rozdíly jednotlivých intervalů pro jednotlivé materiály. Jak bylo vidět z grafů, se zvyšujícím se stupněm splývavosti se zmenšuje interval frekvencí, ve kterém se objevují výraznější frekvenční amplitudy.

Závěr experimentální části se zabýval popisem 3D geometrie splývajícího vzorku. Byl zjišťován vliv počtu vln splývajícího vzorku textilie na hodnoty kvadrátu frekvenčních amplitud. Pro hodnocení bylo použito vzorků s hodnotou DC blížící se průměrné hodnotě DC. Při pozorování bylo zjištěno, že materiály vykazující vyšší počet vln dosahují vyšších hodnot kvadrátů frekvenčních amplitud. Aby bylo vidět, jak se chovají frekvenční charakteristiky v různých úrovních splývajících vzorků, bylo zkoumáno několik nasnímaných vrstev dat. Na základě tohoto zkoumání pak byla vytvořena tabulka, která určuje oblasti kvadrátů frekvenčních amplitud pro jednotlivé stupně splývavosti a počty vln.

Z technických důvodů bohužel nebylo možné naměřit více materiálů. V případě, že by se podařilo naměřit více materiálů s podobným stupněm splývavosti, by pak bylo možné lépe určit oblasti kvadrátů amplitud frekvencí a navržená metoda by tak byla přesnější.

## Seznam použité literatury

- [1] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií, Liberec 1998
- [2] Glombíková, V., Halasová, A., Vítová, J.: Vplyv tuhosti a délky previsu na splývavost', Strutex 2001, str. 221-227, TU, Liberec 2001
- [3] Jeong, Y.J.: A Study of Fabric-drape Behaviour with Image Analysis, Part I.: Measurement, Characterisation and Instability, Journal of Textile Institute, 1998, Vol. 89, No. 1, p. 59-69
- [4] Stylios, G.K., Wan, T.R.: The Concept of Virtual Measurement – 3D Fabric Drapeability, Instrumental Journal of Clothing, Science and Technology, 1999, Vol. 11, No. 1, p. 10-18
- [5] Fabric Drape & its measurement, The Indian Textile Journal, <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=481>
- [6] Kenkare, N.S., May-Plumlee, T.: Evaluation of Drape Characteristics in Fabric, International Journal of Clothing, Science and Technology, 2005, Vol. 17, No.2, p. 109-123
- [7] Kenkare, N.S.: Three Dimensional Modeling of Garment Drape, 2005, <http://www.lib.ncsu.edu/theses/available/etd-01062006-153144/unrestricted/etd.pdf>
- [8] Eischen, J., May-Plumlee, T.: 3D Virtual Draping with Fabric Mechanics and Body Scan Data, 2005, <http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/ntcprojects/projects/F02-S08>
- [9] Kenkare, N.S., May-Plumlee, T.: Mechanics of Fabric Drape, Part I: Drape of Fabrics, [http://www.mae.ncsu.edu/directories/faculty/eischen/TRJ2004-Paper\\_1-Final.pdf](http://www.mae.ncsu.edu/directories/faculty/eischen/TRJ2004-Paper_1-Final.pdf)
- [10] Lo, W.M., Hu, J.L., Li, L.K.: Modeling a Fabrics Drape Profile, Textile Research Journal, 2002, Vol. 72, No. 5, p. 454-463
- [11] Sharma, K.J., Behera, B.K., Roedel, H., Schenk, A.: Effect of Sewing and Fusing of Interlining on Drape Behaviour of Suiting Fabrics, International Journal of Clothing, Science and Technology, 2005, Vol. 17, No. 2, p. 75-90
- [12] Kvasnica, J.: Matematický aparát fyziky, 1997, Academia, Praha
- [13] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Fourierova\\_transformace](http://cs.wikipedia.org/wiki/Fourierova_transformace)
- [14] [http://tvorbawebu.wz.cz/faiirfe/help/uvod\\_ft.htm](http://tvorbawebu.wz.cz/faiirfe/help/uvod_ft.htm)



## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA 1 – Přehled vzorků materiálů

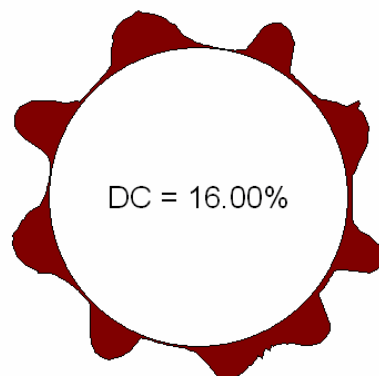
PŘÍLOHA 2 – Frekvenční charakteristiky, grafy

PŘÍLOHA 3 – Matlab File – Program pro úpravu dat pomocí FFT

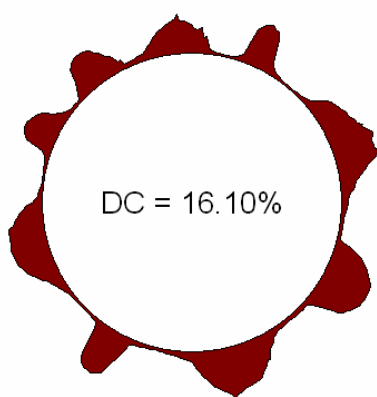
# **PŘÍLOHA 1**

## **Přehled vzorků materiálů**

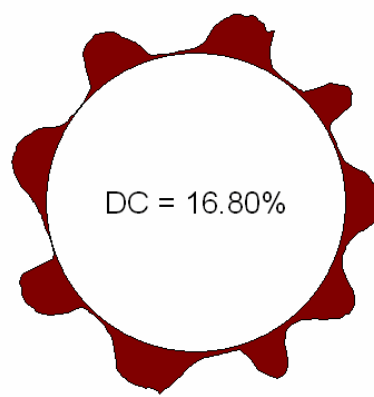
## Materiál č. 1    Pinkdots



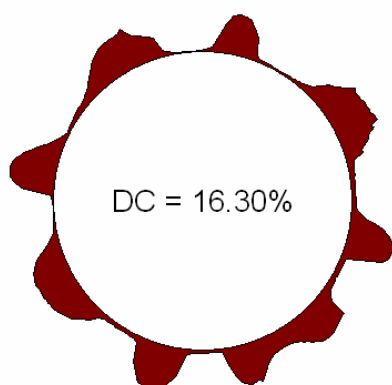
Vzorek č. 1



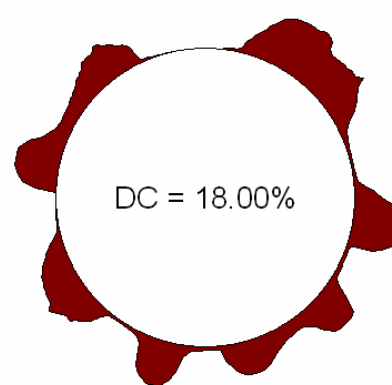
Vzorek č. 2



Vzorek č. 3

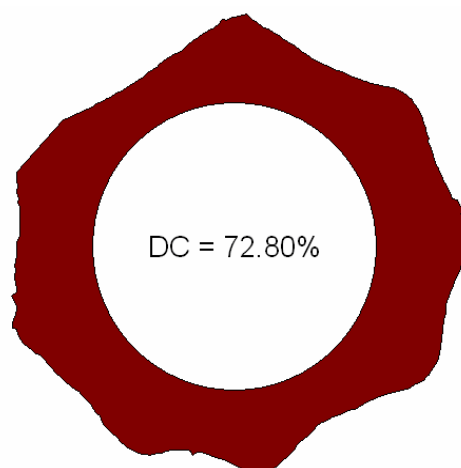


Vzorek č. 4

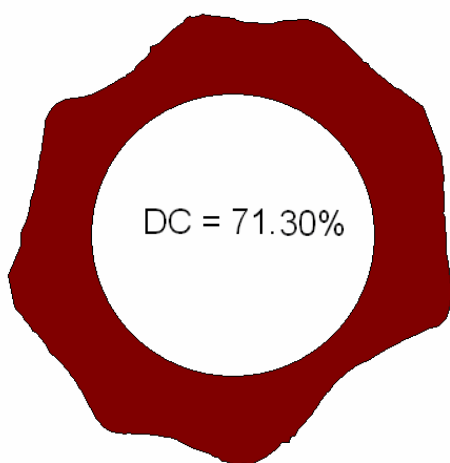


Vzorek č. 5

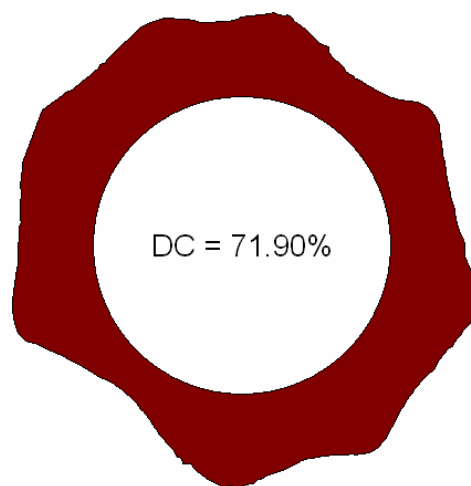
## Materiál č. 2    Jeans



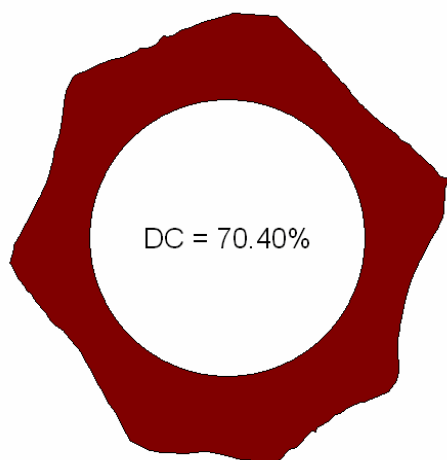
Vzorek č. 1



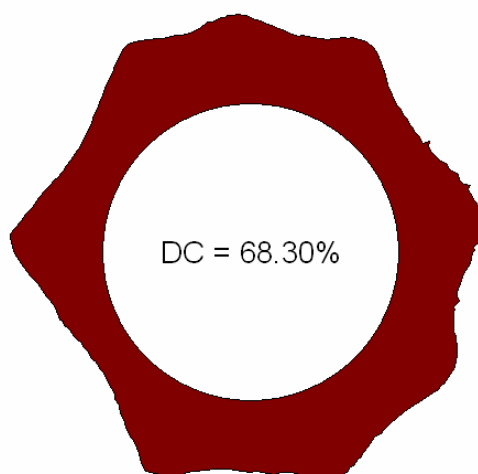
Vzorek č. 2



Vzorek č.3

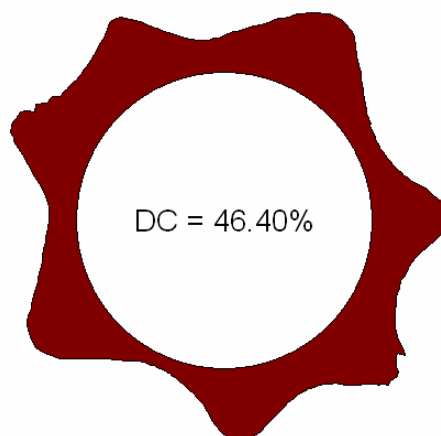


Vzorek č. 4

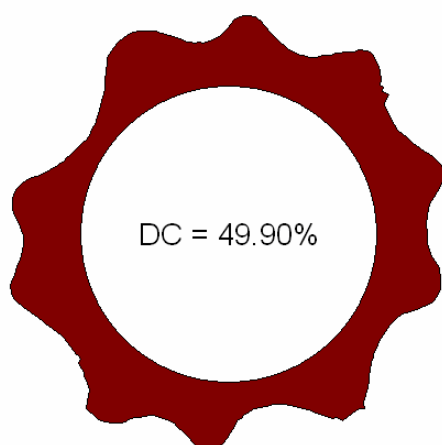


Vzorek č. 5

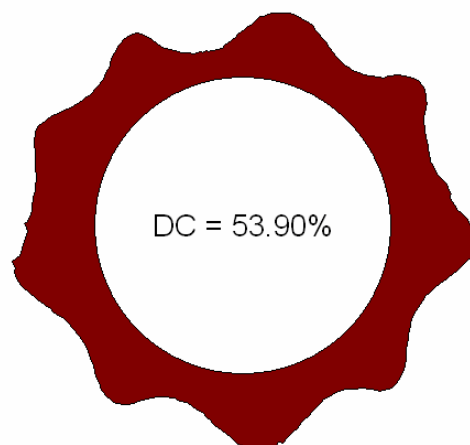
### Materiál č. 3 Pinkred



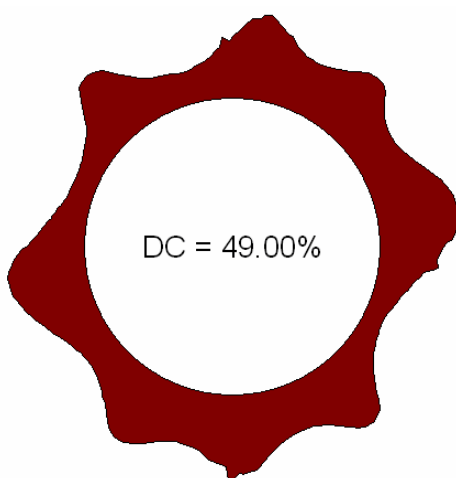
Vzorek č. 1



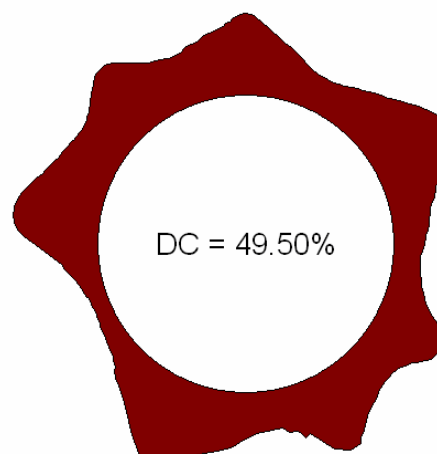
Vzorek č. 2



Vzorek č. 3

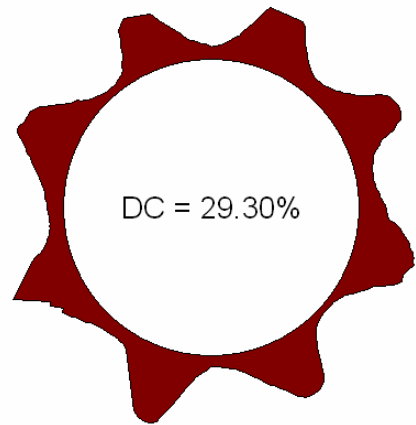


Vzorek č. 4

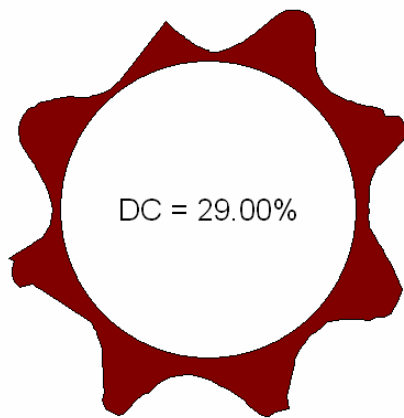


Vzorek č. 5

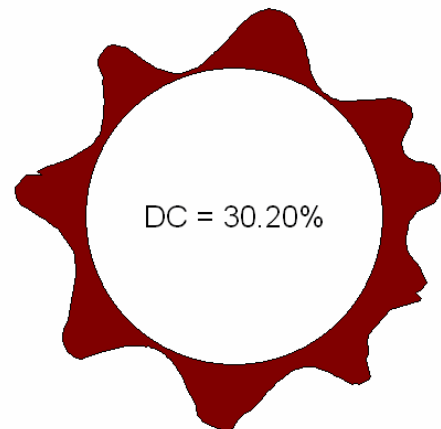
## Materiál č. 4 Pruh



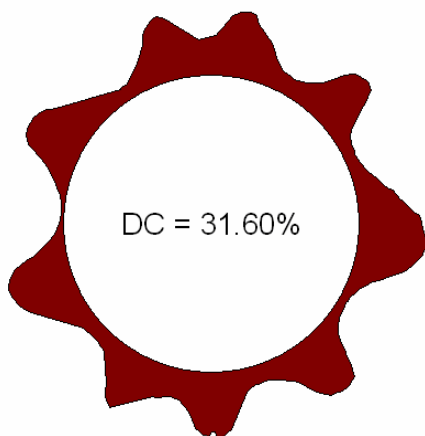
Vzorek č. 1



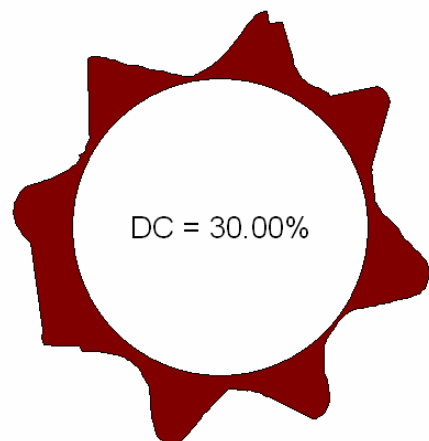
Vzorek č.2



Vzorek č. 3

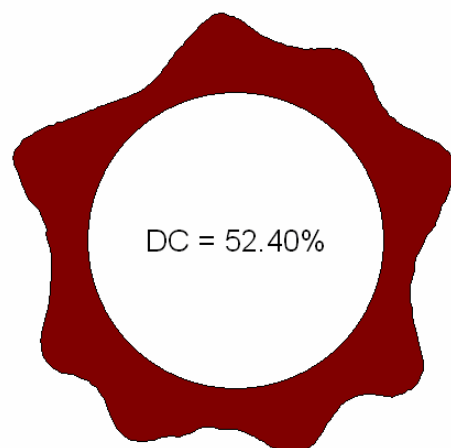


Vzorek č.4

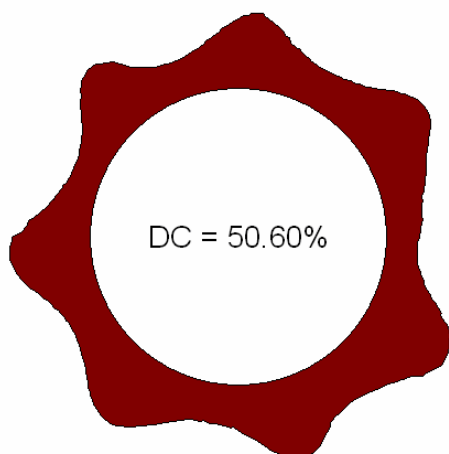


Vzorek č. 5

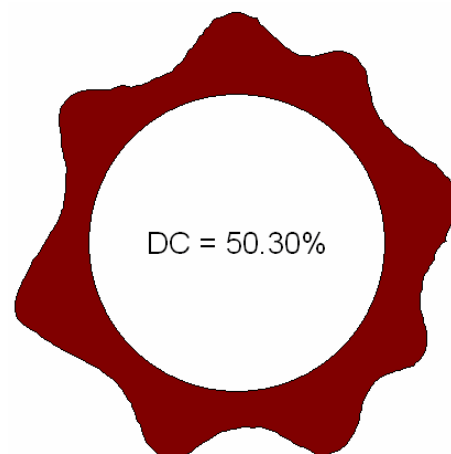
## Materiál č. 5 Blue



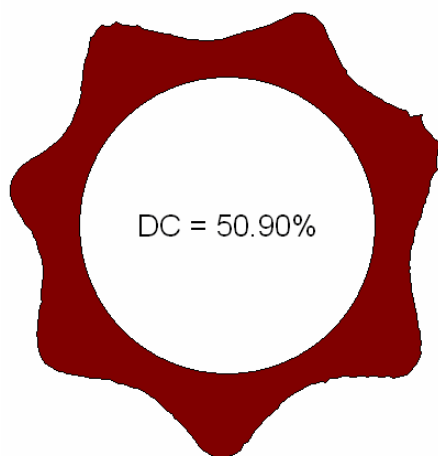
Vzorek č. 1



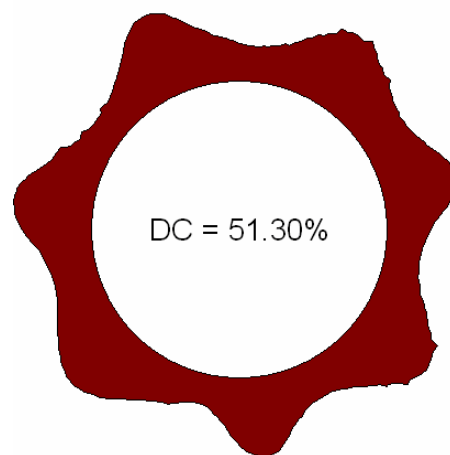
Vzorek č. 2



Vzorek č. 3



Vzorek č. 4



Vzorek č. 5

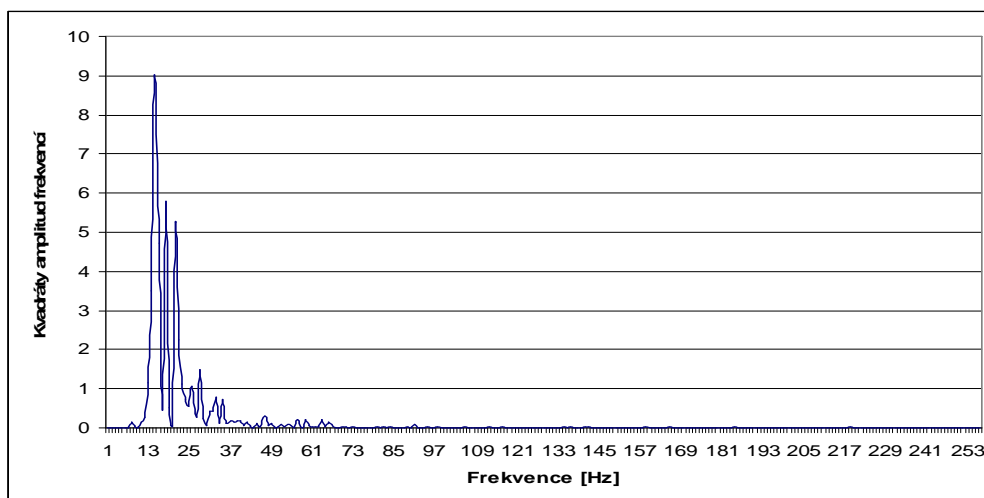
## **PŘÍLOHA 2**

**Frekvenční charakteristiky vzorků - grafy**

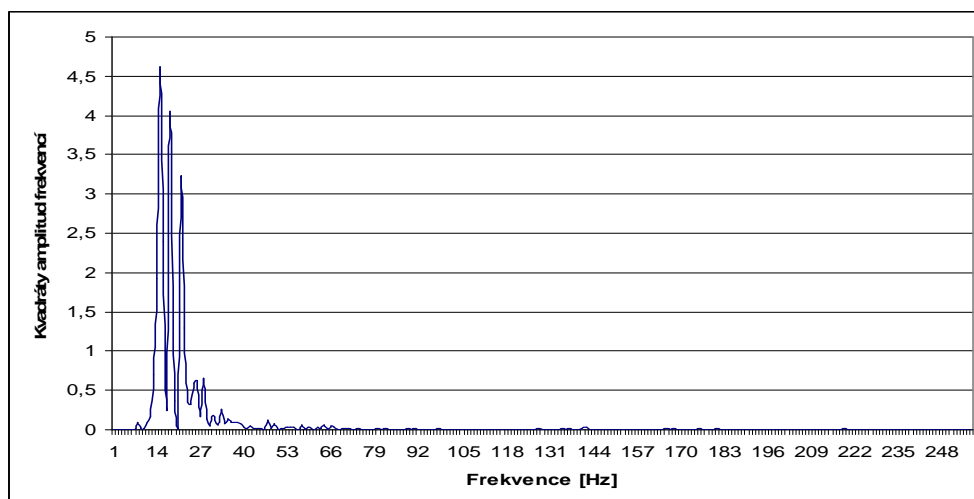


# Materiál č. 1 Pinkdots

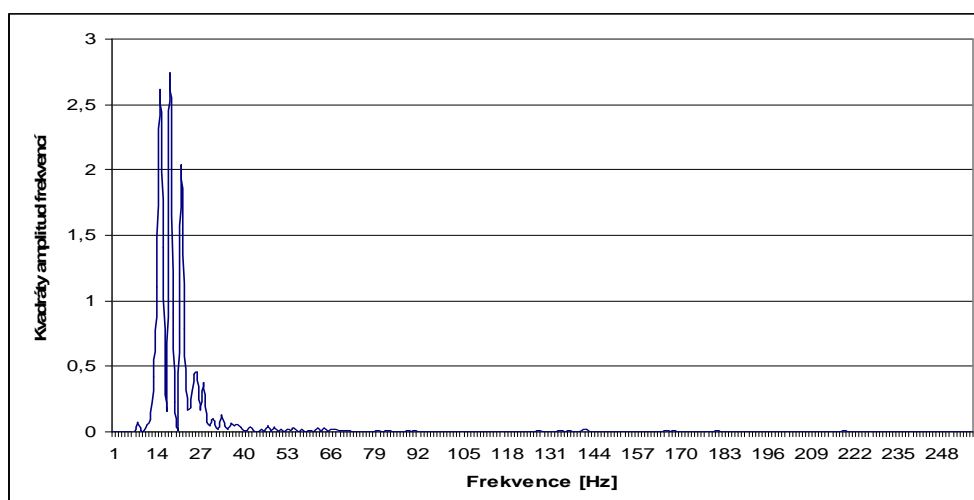
## Vzorek č. 1



## Nejspodnější vrstva



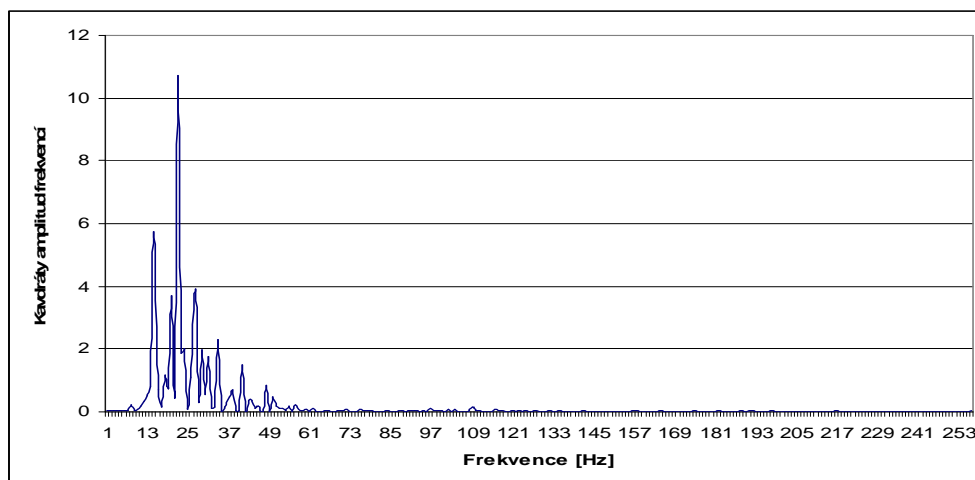
## 10. vrstva



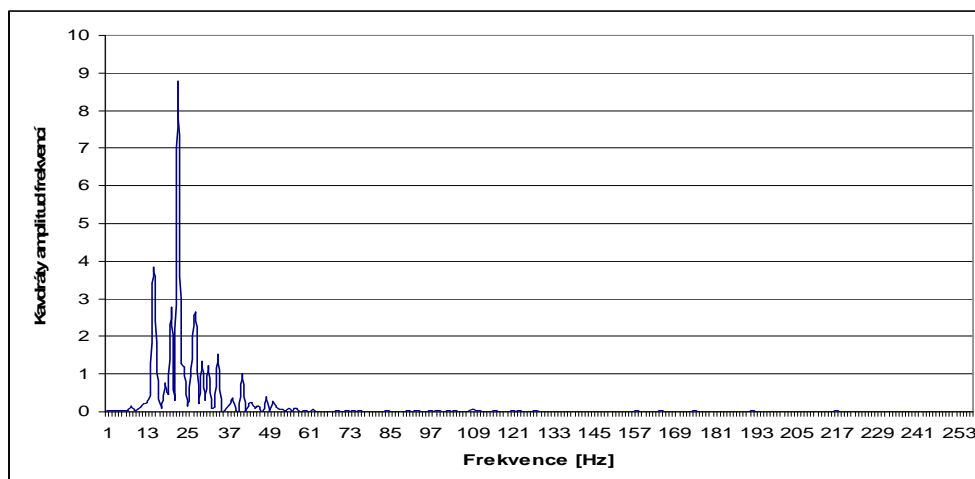
## 8. vrstva

# Materiál č. 1 Pinkdots

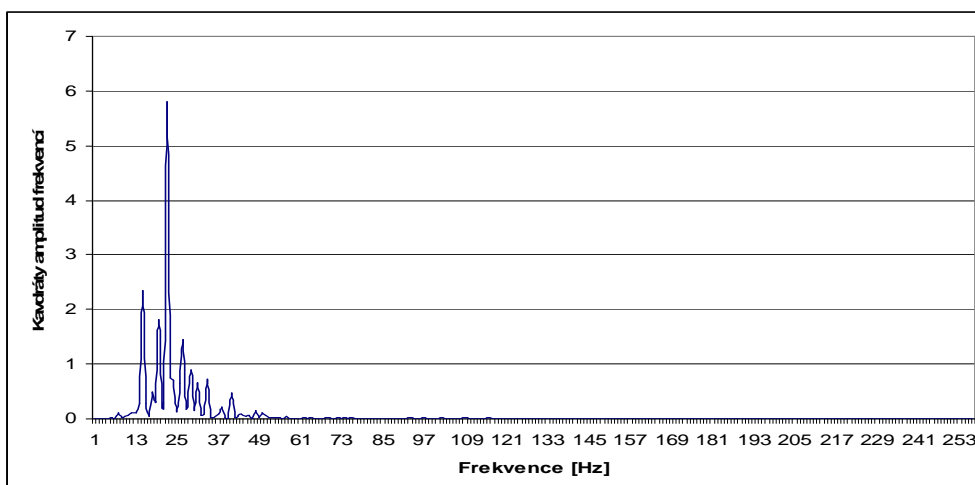
## Vzorek č. 2



## Nejspodnější vrstva



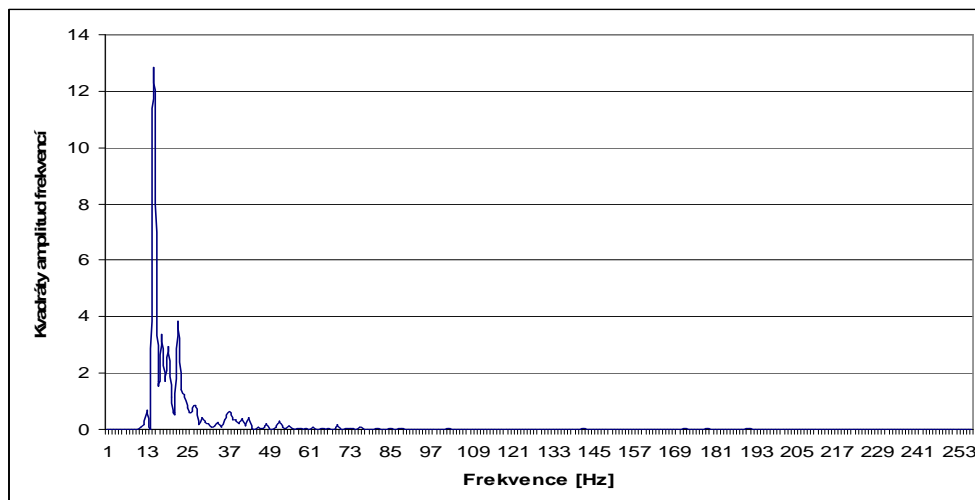
## 10.vrstva



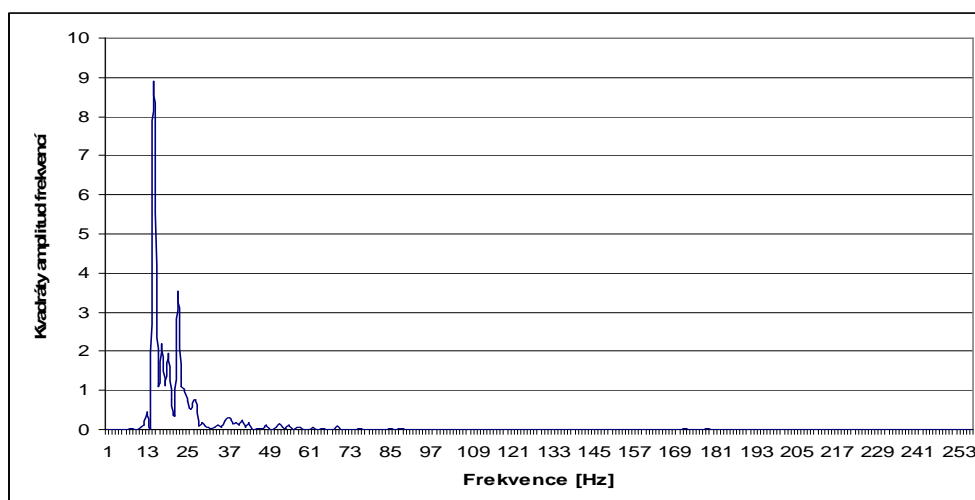
## 8. vrstva

# Materiál č. 1    Pinkdots

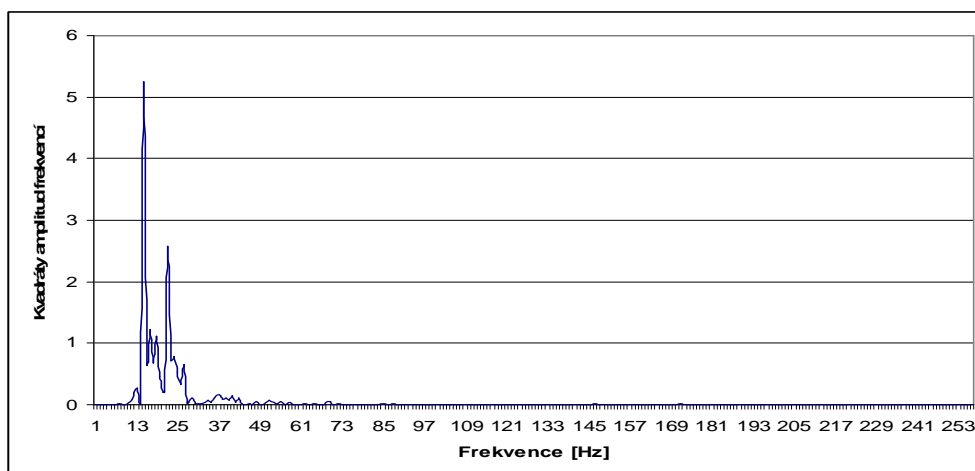
## Vzorek č. 3



## Nejspodnější vrstva



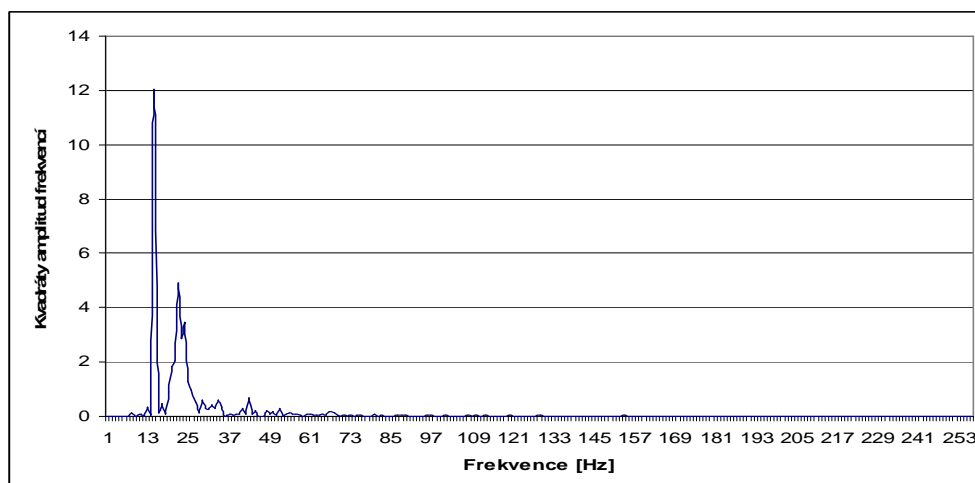
## 10. vrstva



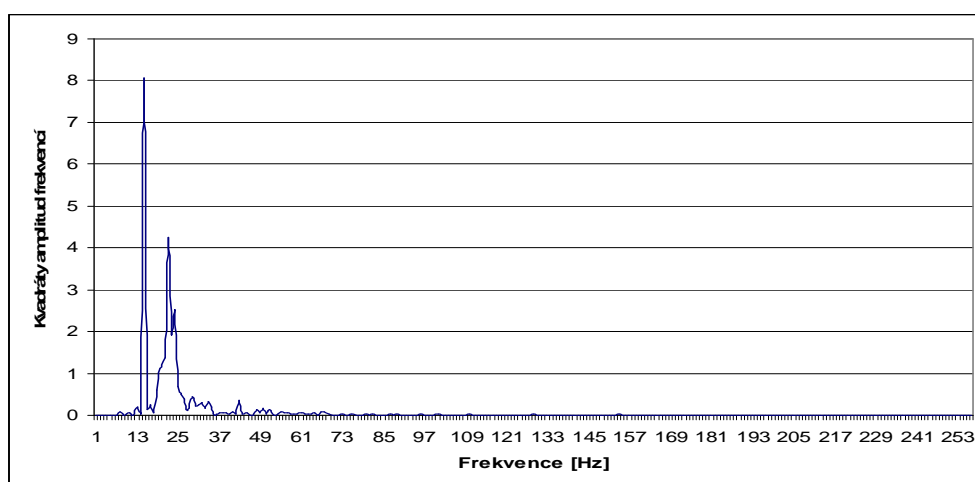
## 8. vrstva

# Materiál č. 1    Pinkdots

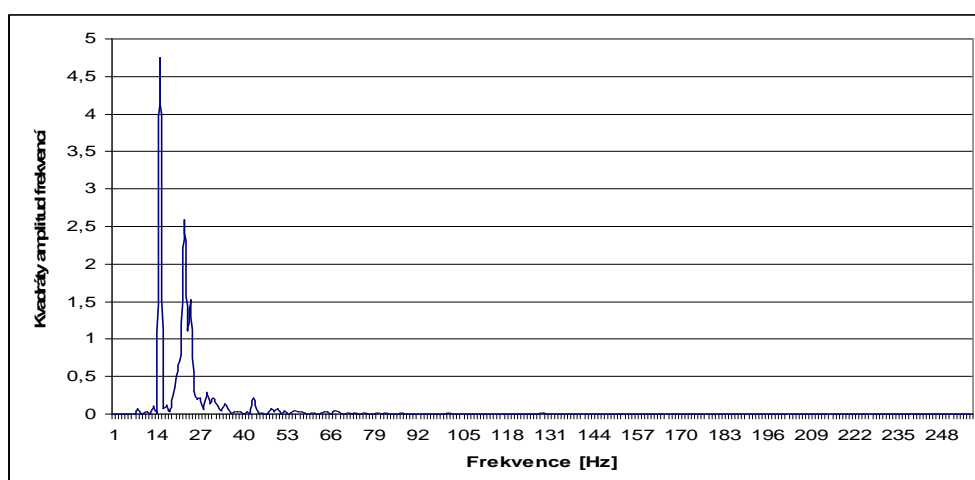
## Vzorek č. 4



## Nejspodnější vrstva



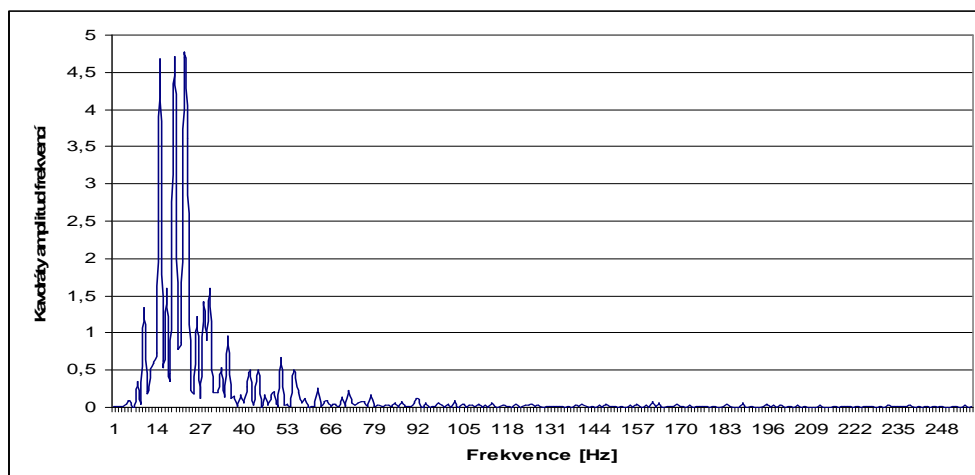
## 10. vrstva



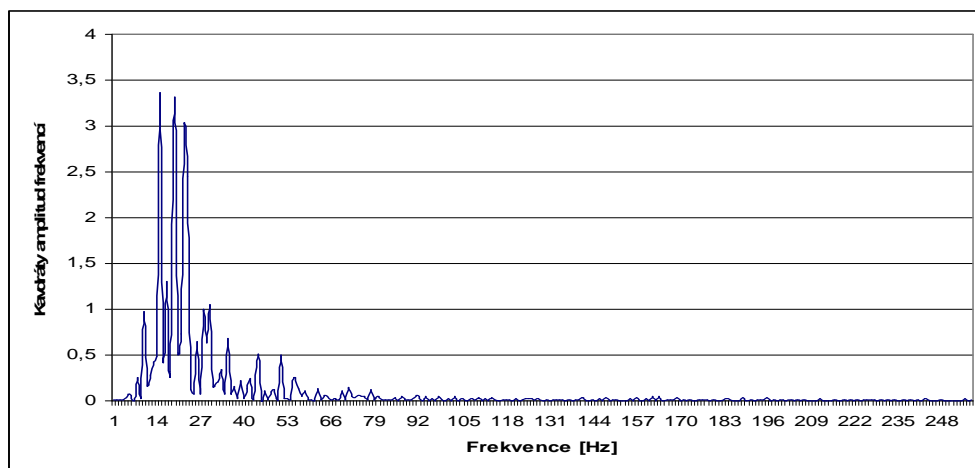
## 8. vrstva

# Materiál č. 1 Pinkdots

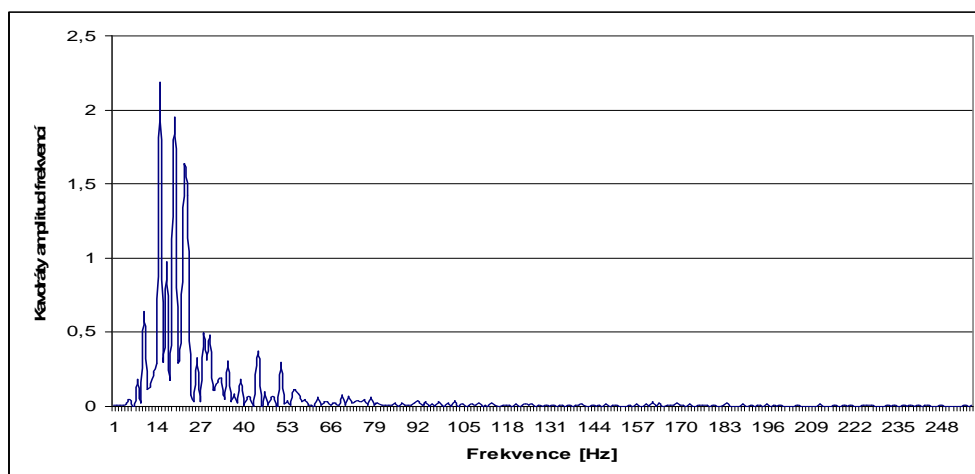
## Vzorek č. 5



## Nejspodnější vrstva



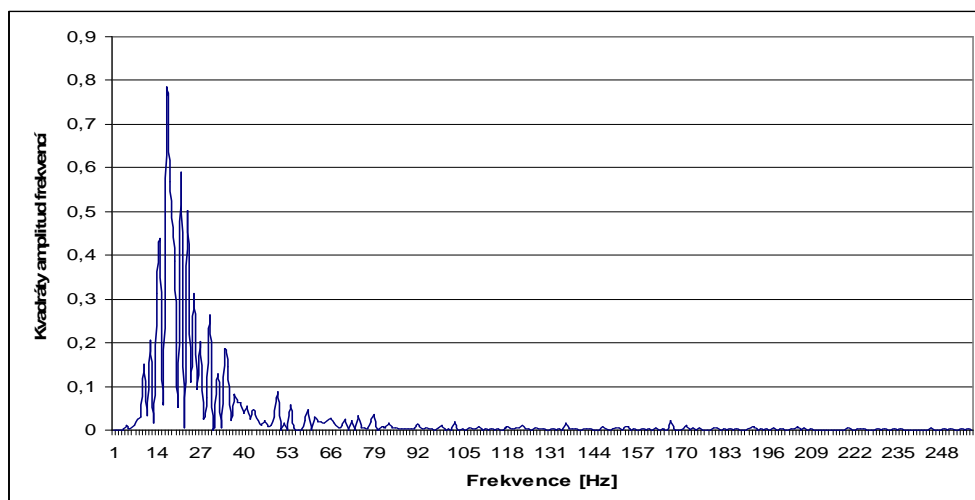
## 10. vrstva



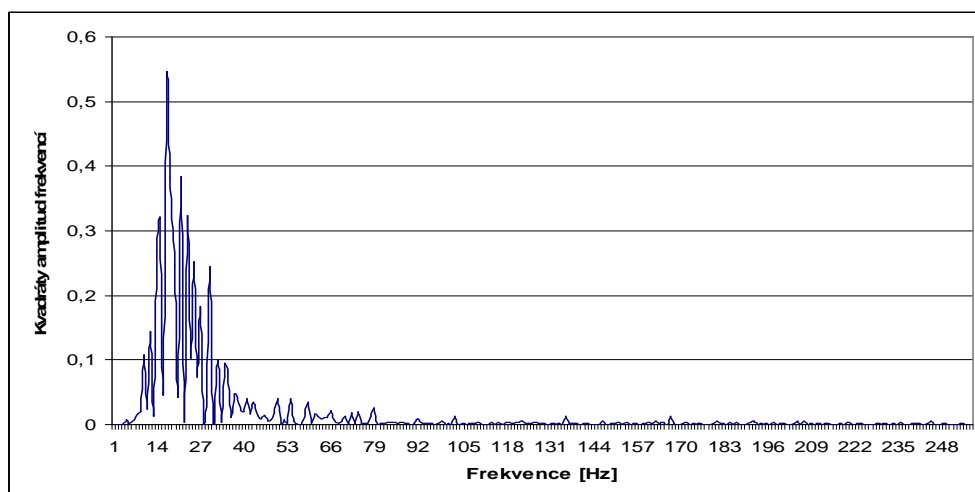
## 8. vrstva

## Materiál č. 2    Jeans

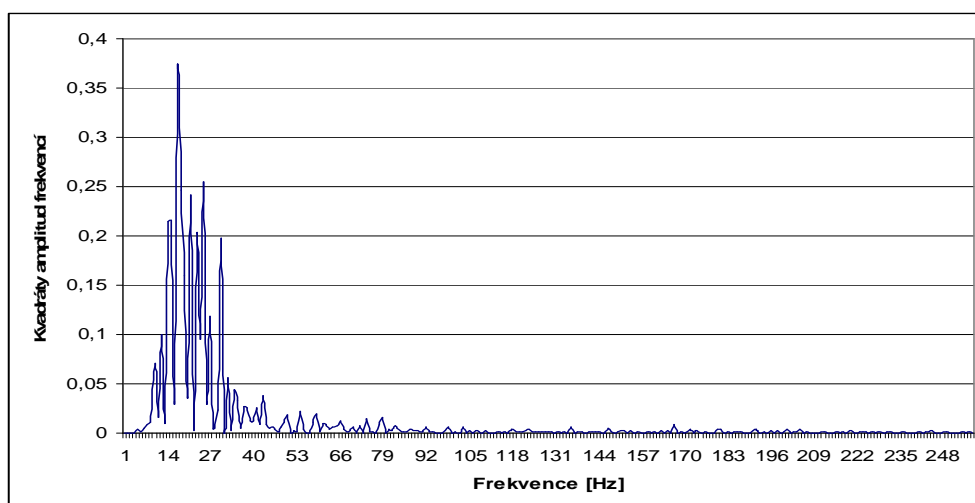
### Vzorek č. 1



### Nejspodnější vrstva



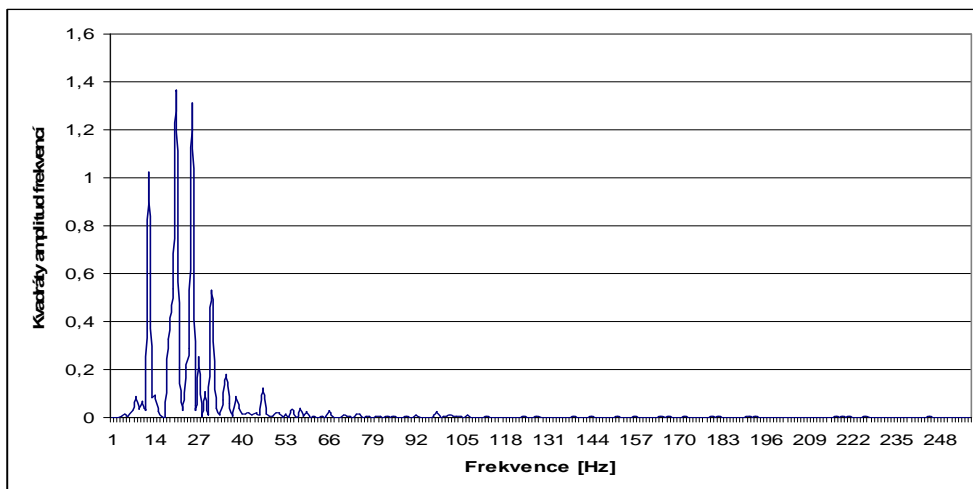
### 10. vrstva



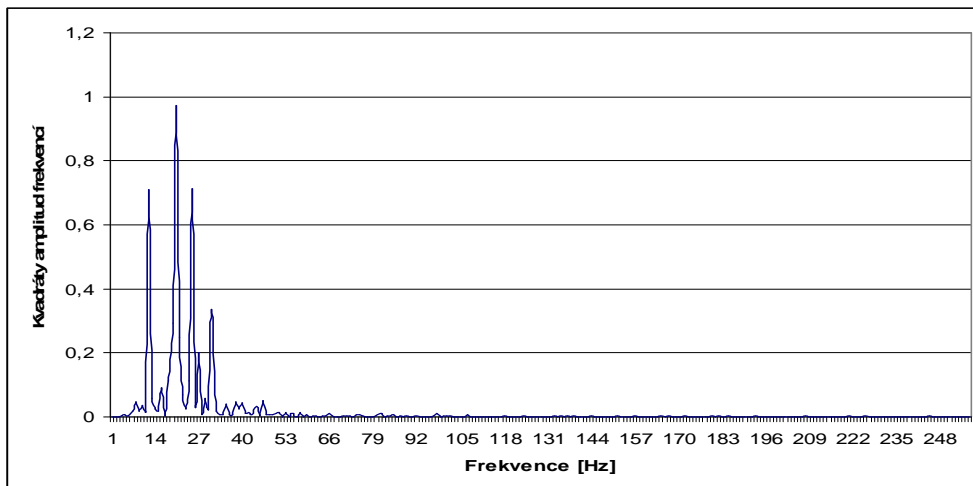
### 8. vrstva

## Materiál č. 2    Jeans

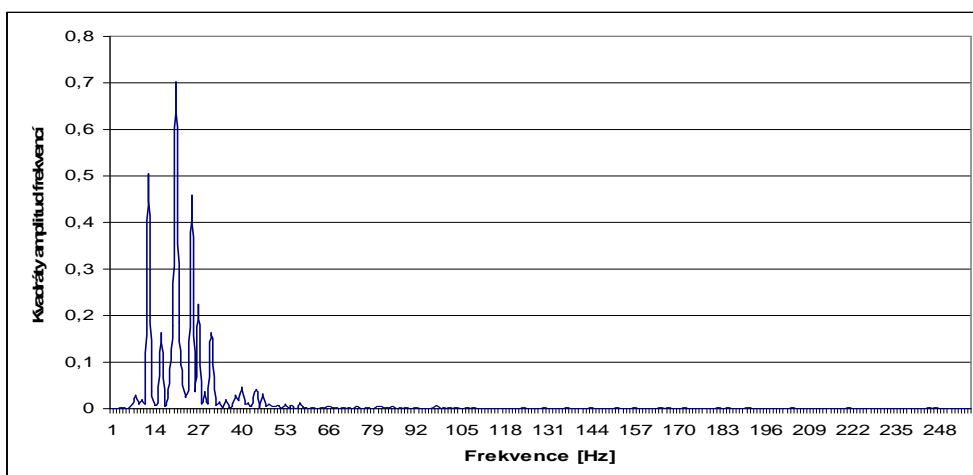
### Vzorek č. 2



### Nejspodnější vrstva



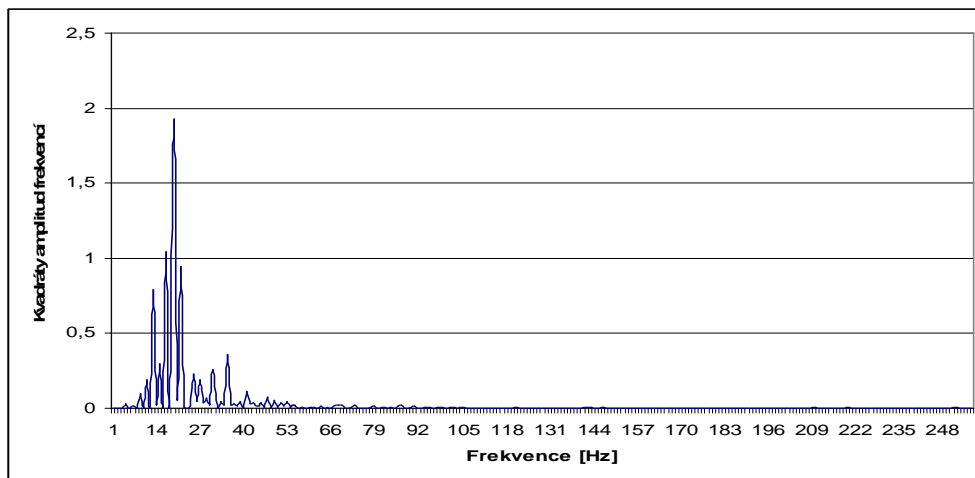
### 10. vrstva



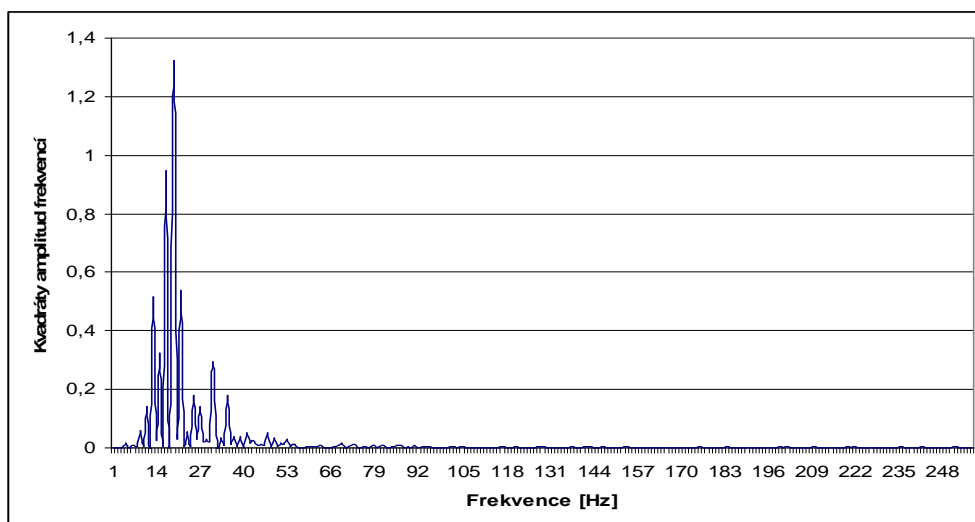
### 8. vrstva

## Materiál č. 2    Jeans

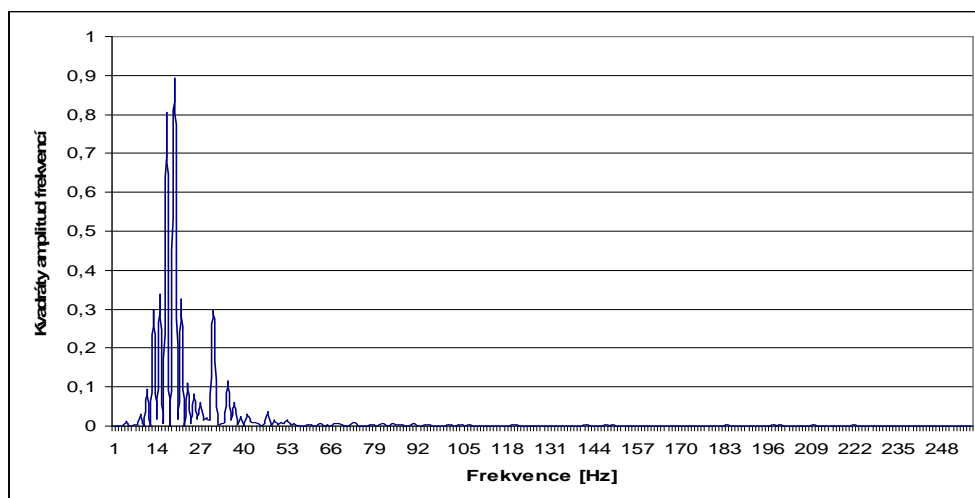
### Vzorek č. 3



### Nejspodnější vrstva



### 10. vrstva

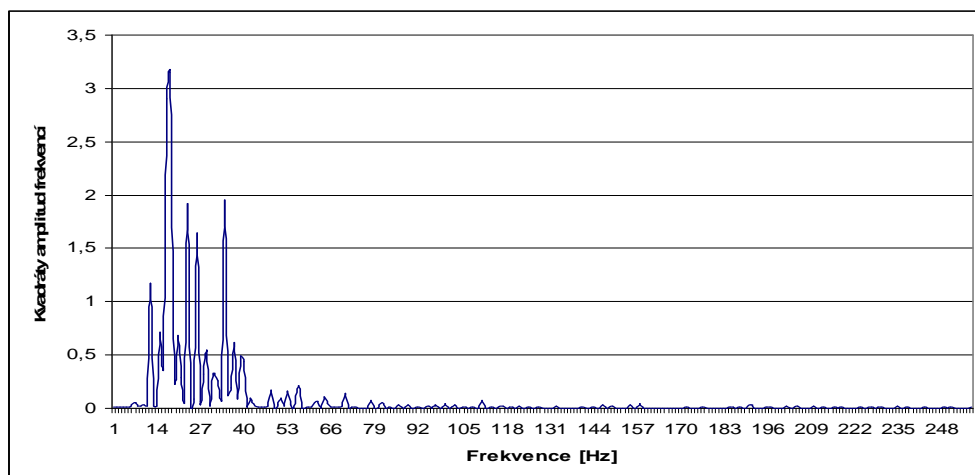


### 8. vrstva

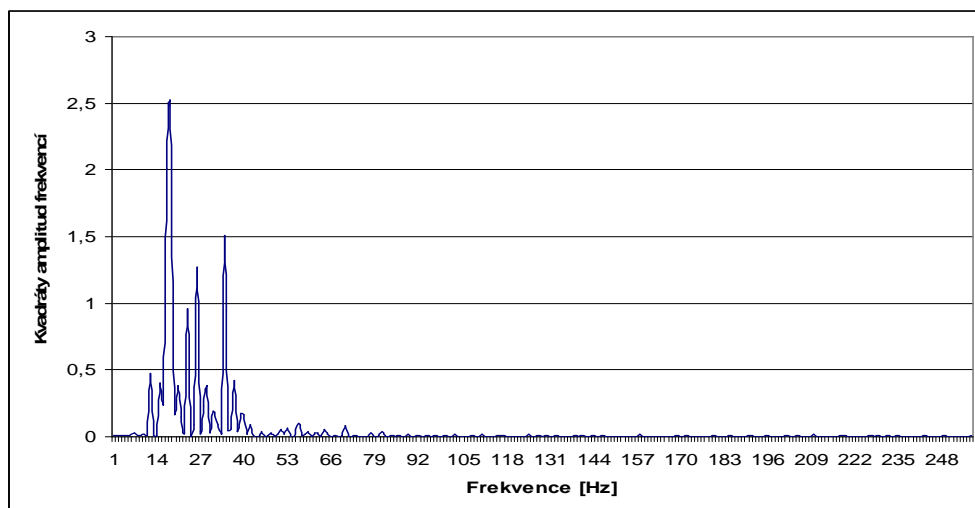


## Materiál č. 2    Jeans

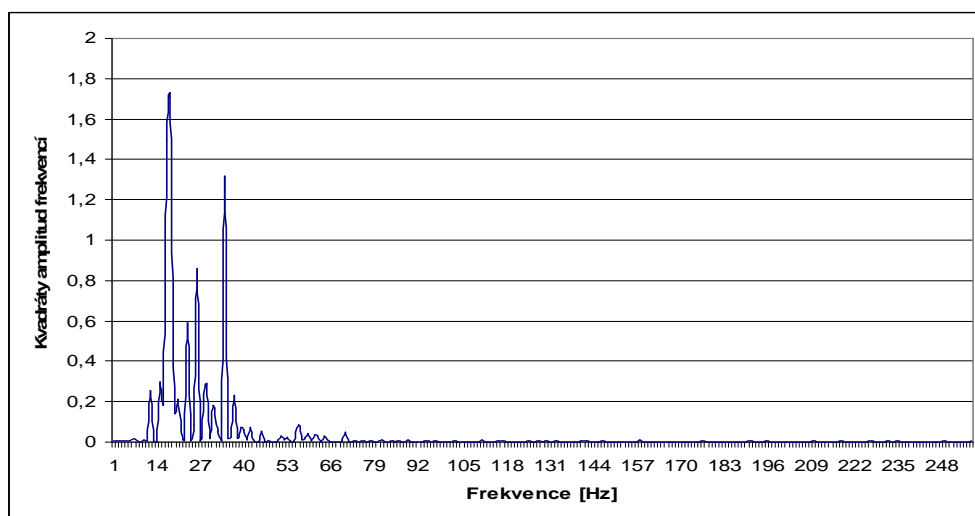
### Vzorek č. 4



### Nejspodnější vrstva



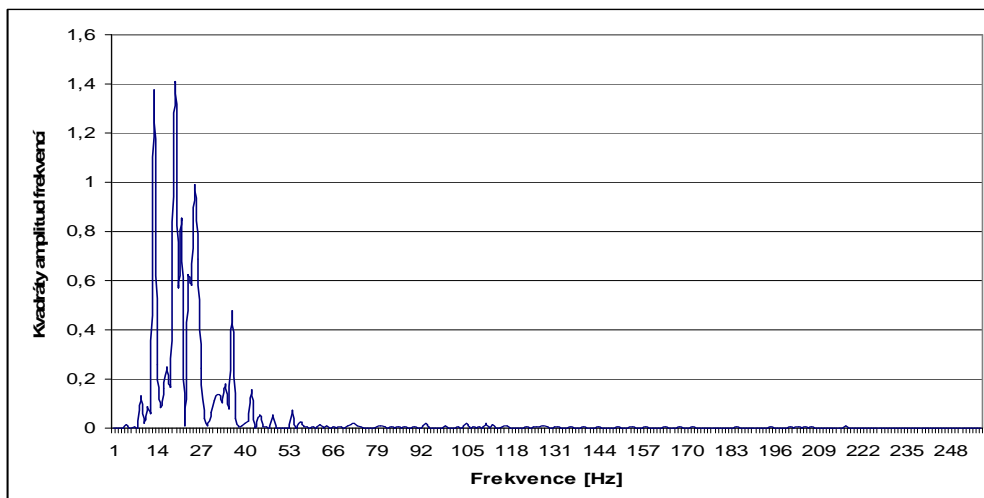
### 10. vrstva



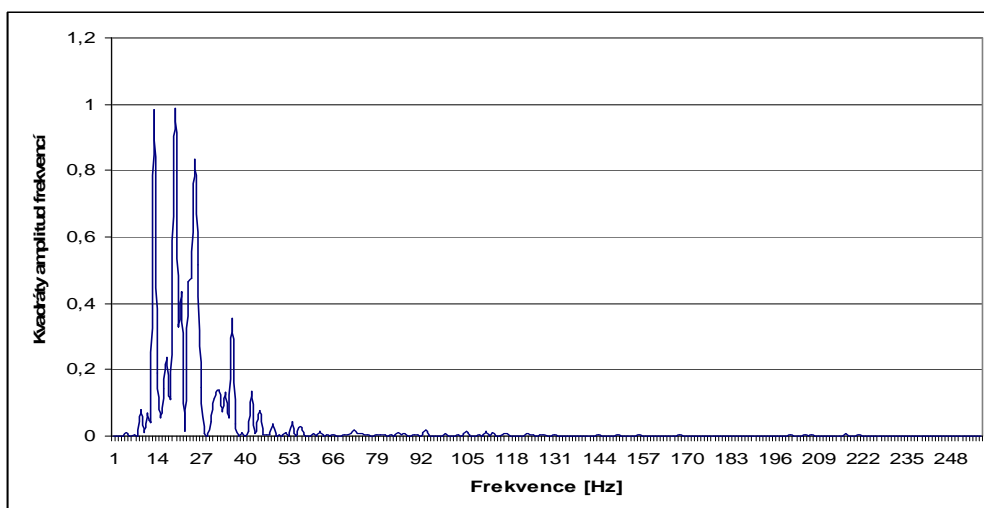
### 8. vrstva

## Materiál č. 2    Jeans

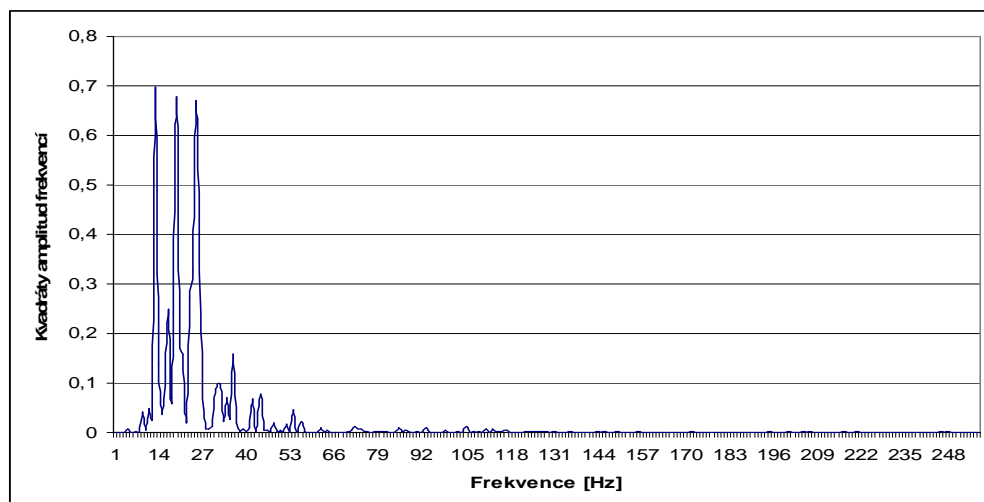
### Vzorek č. 5



### Nejspodnější vrstva



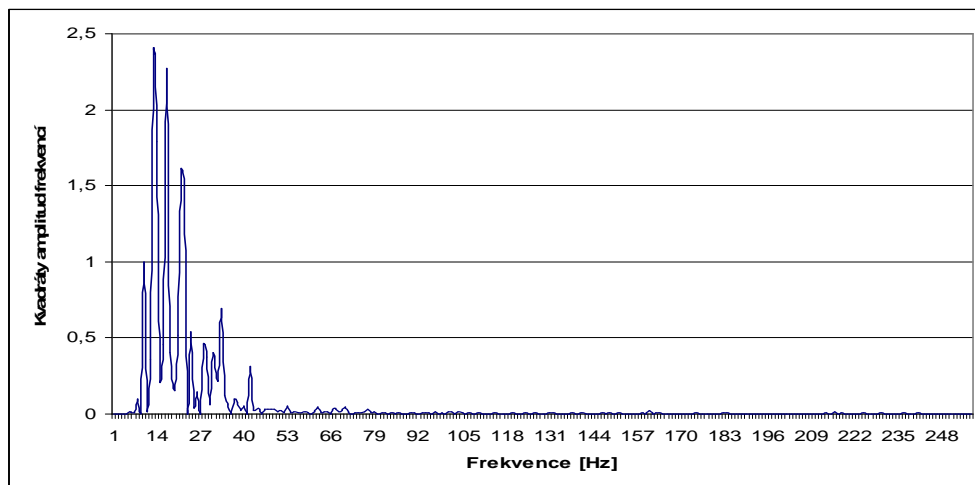
### 10. vrstva



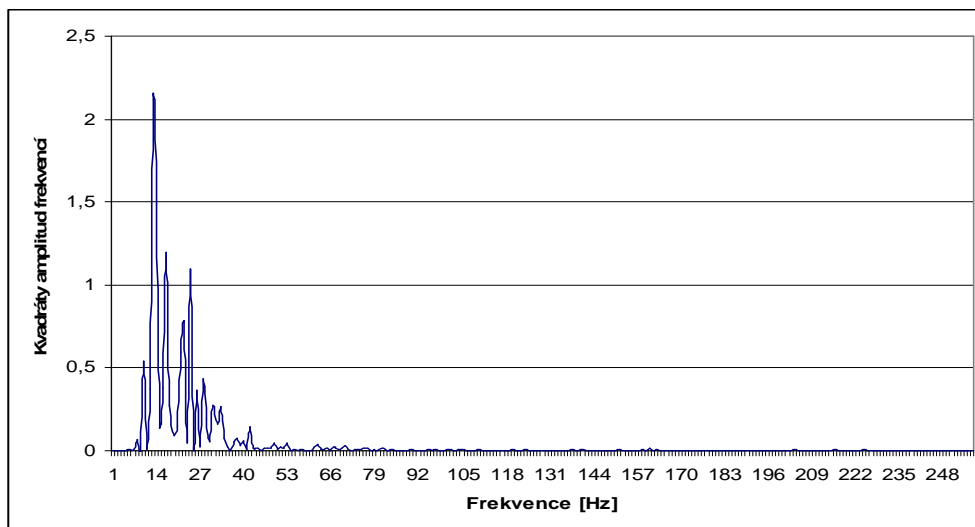
### 8. vrstva

## Materiál č. 3 Pinkred

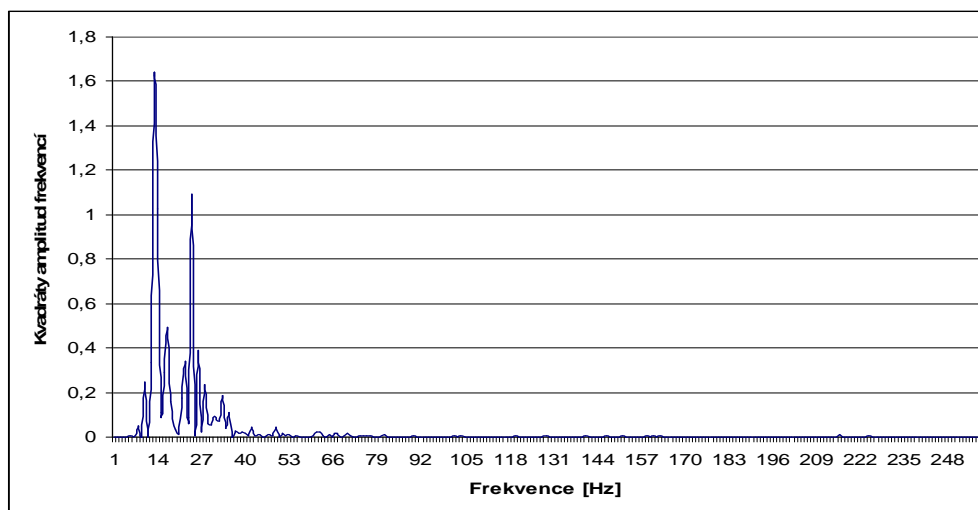
### Vzorek č. 1



### Nejspodnější vrstva



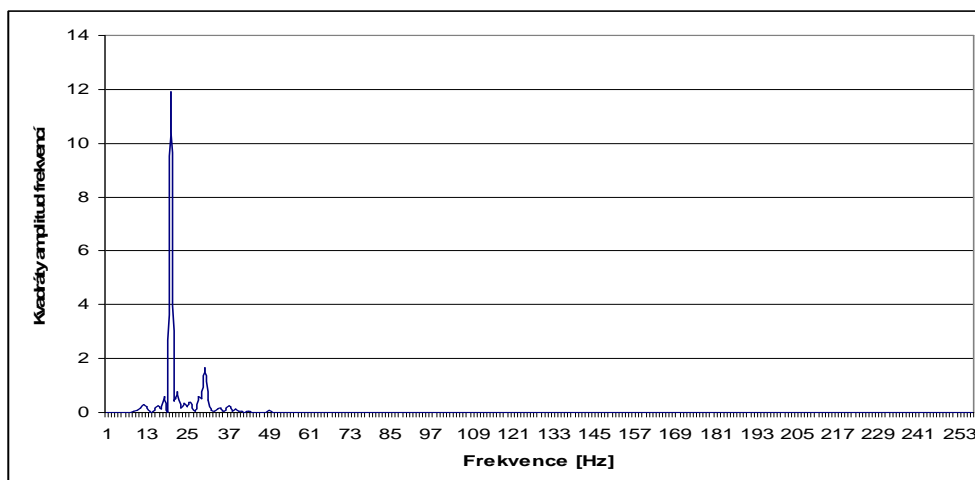
### 10. vrstva



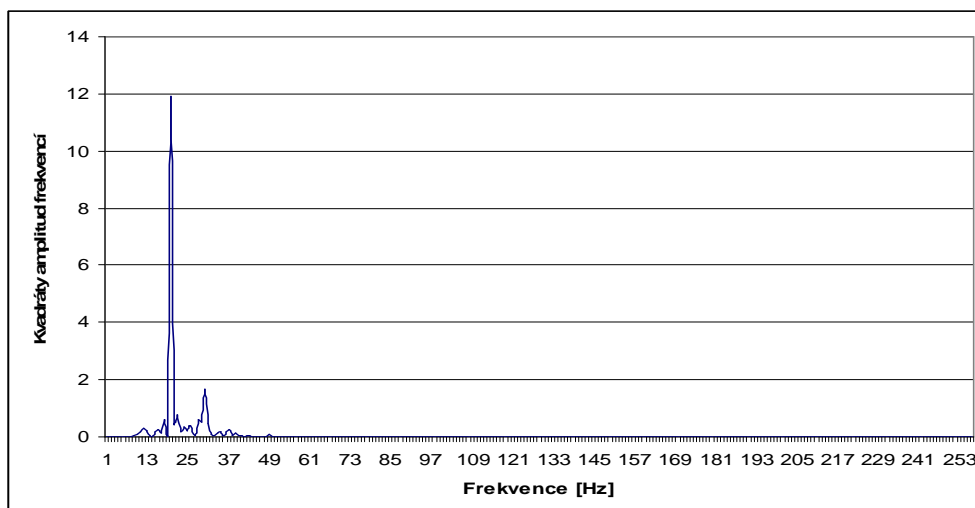
### 8. vrstva

## Materiál č. 3    Pinkred

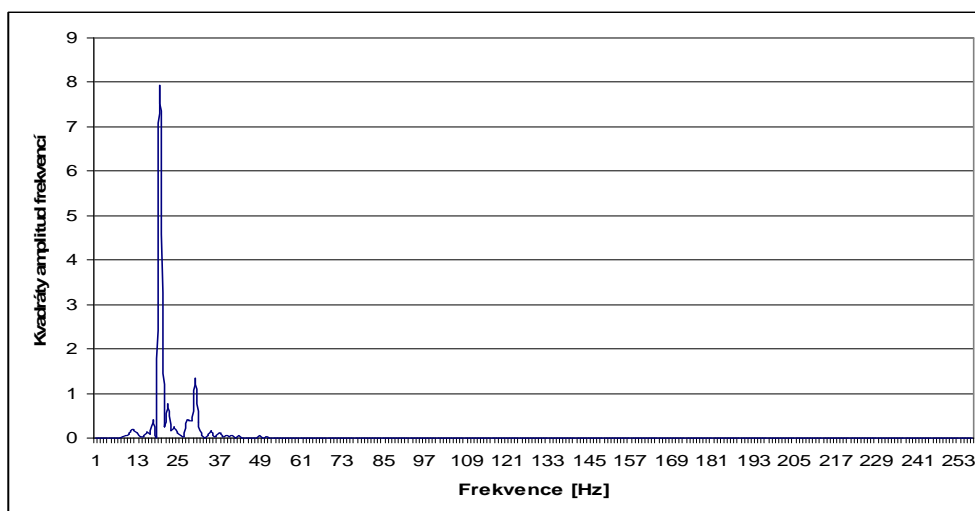
### Vzorek č. 2



### Nejspodnější vrstva



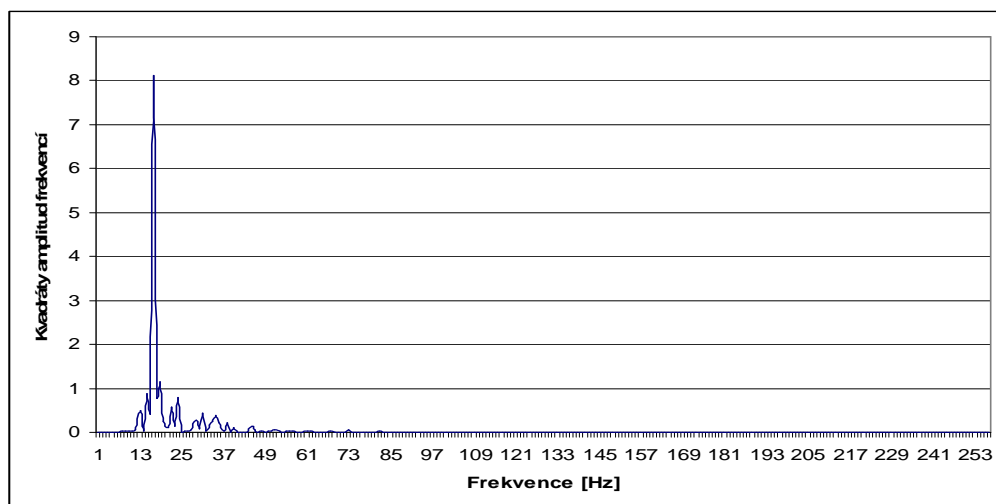
### 10. vrstva



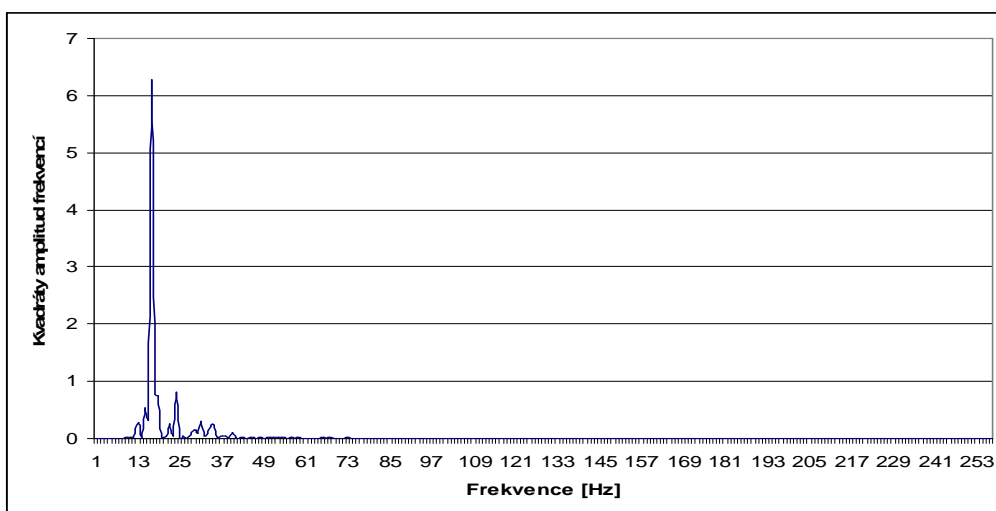
### 8. vrstva

## Materiál č. 3    Pinkred

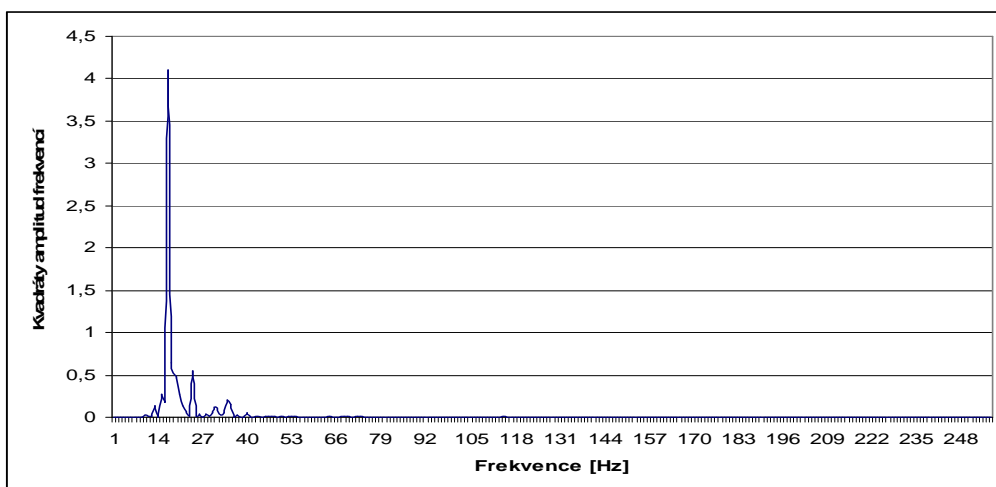
### Vzorek č. 3



### Nejspodnější vrstva



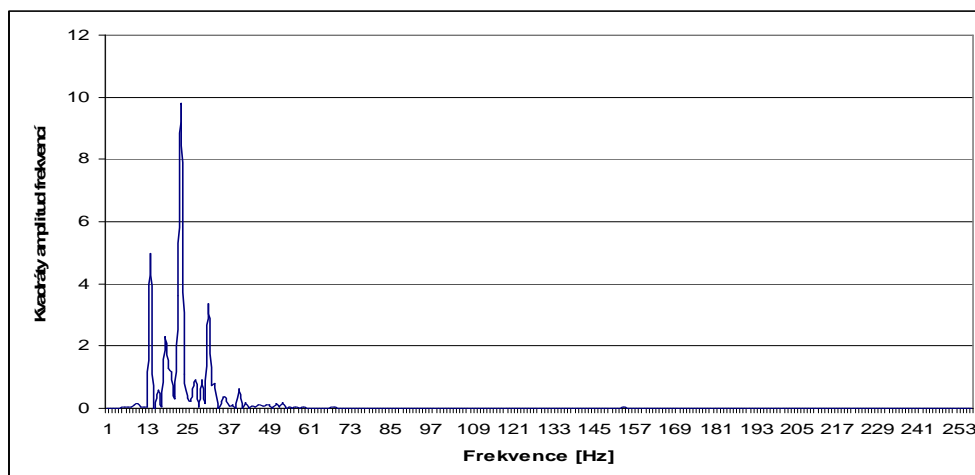
### 10. vrstva



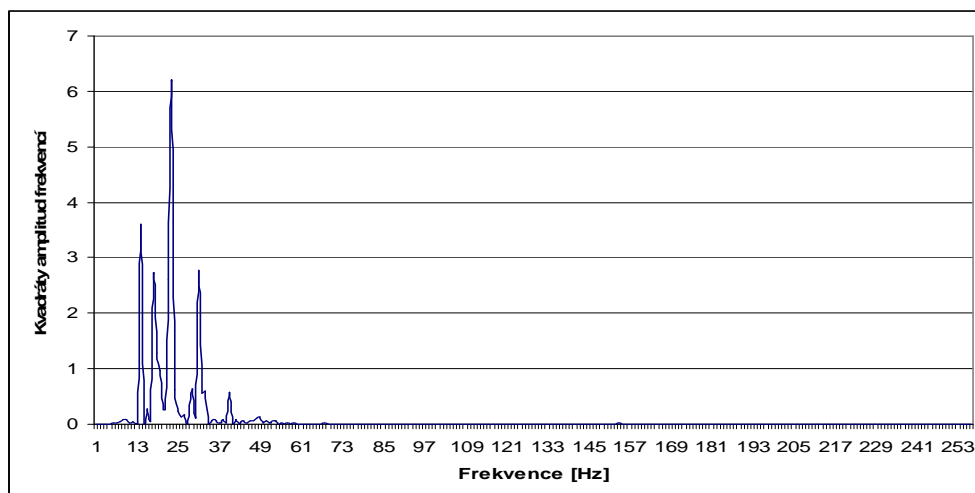
### 8. vrstva

## Materiál č. 3 Pinkred

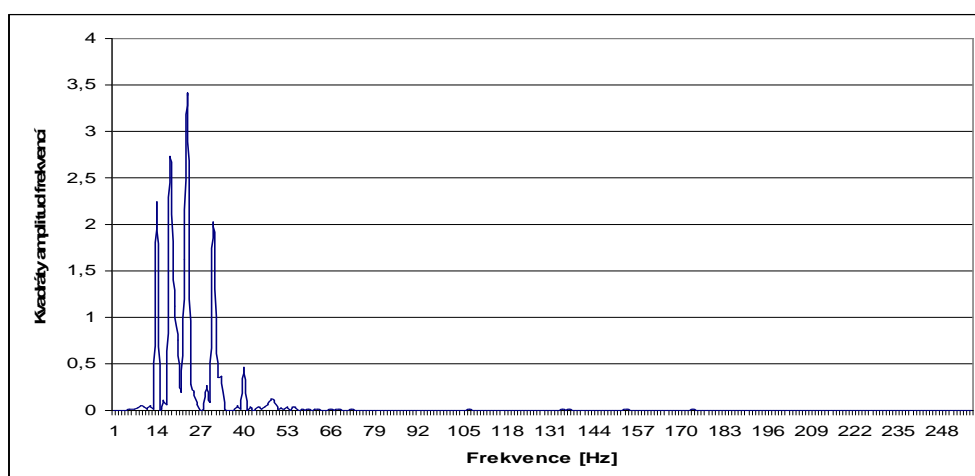
### Vzorek č. 4



### Nejspodnější vrstva



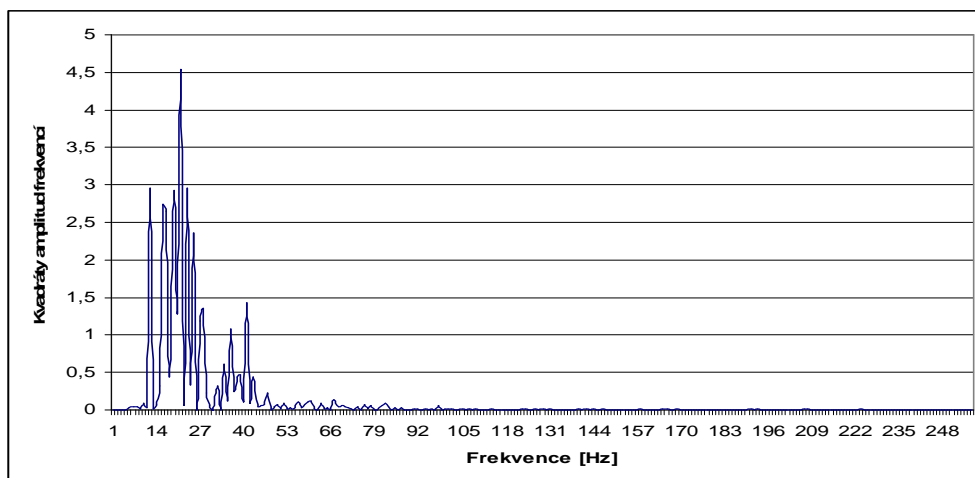
### 10. vrstva



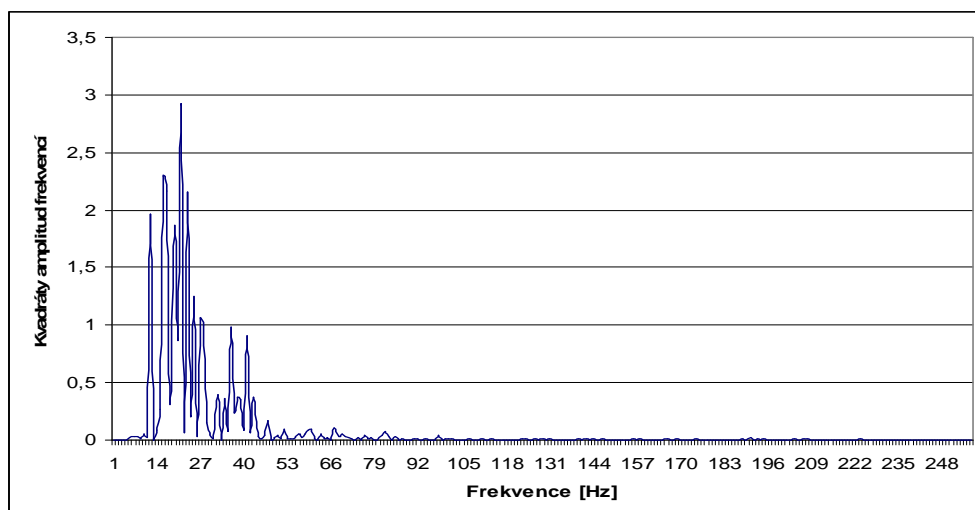
### 8. vrstva

## Materiál č. 3    Pinkred

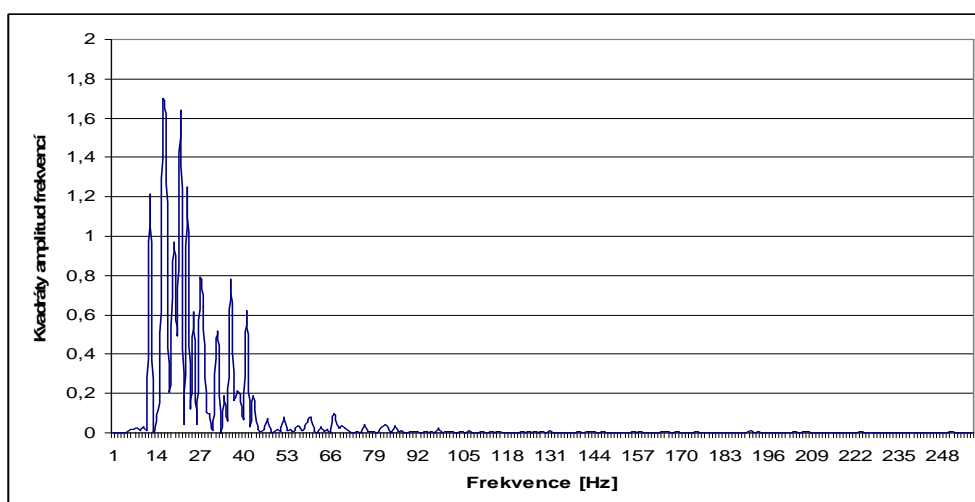
### Vzorek č. 5



### Nejspodnější vrstva



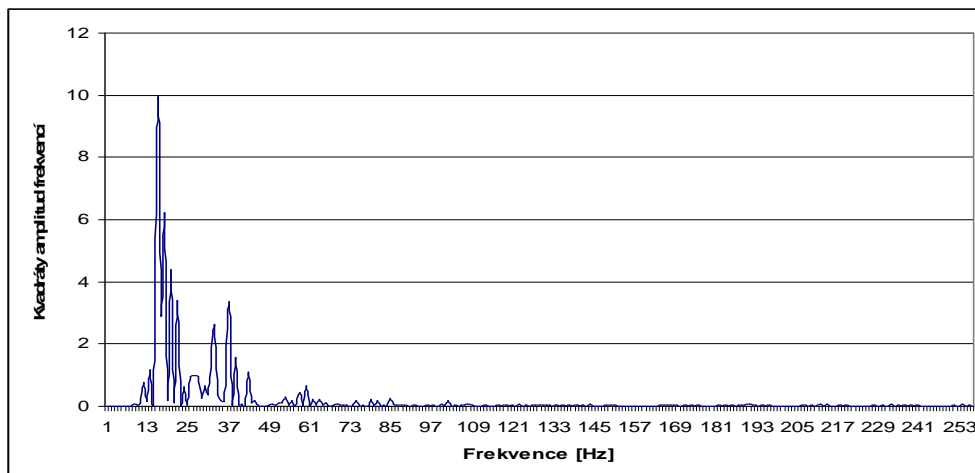
### 10. vrstva



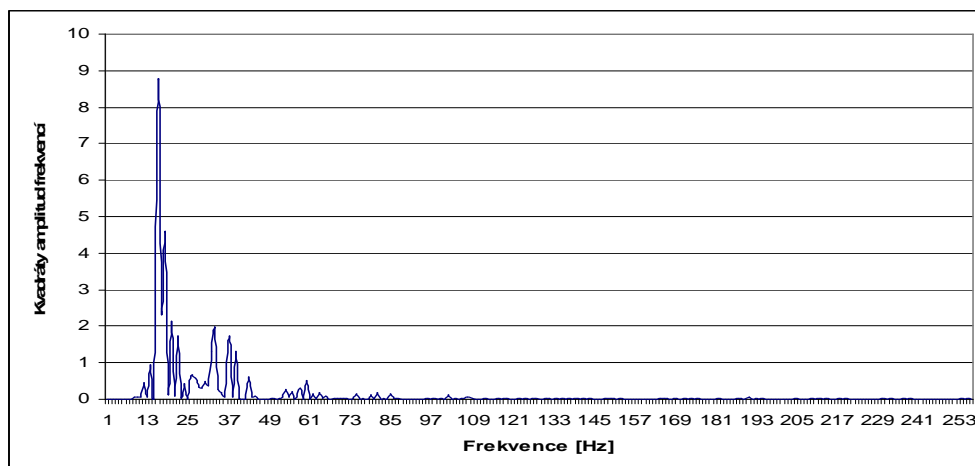
### 8. vrstva

## Materiál č. 4 Pruh

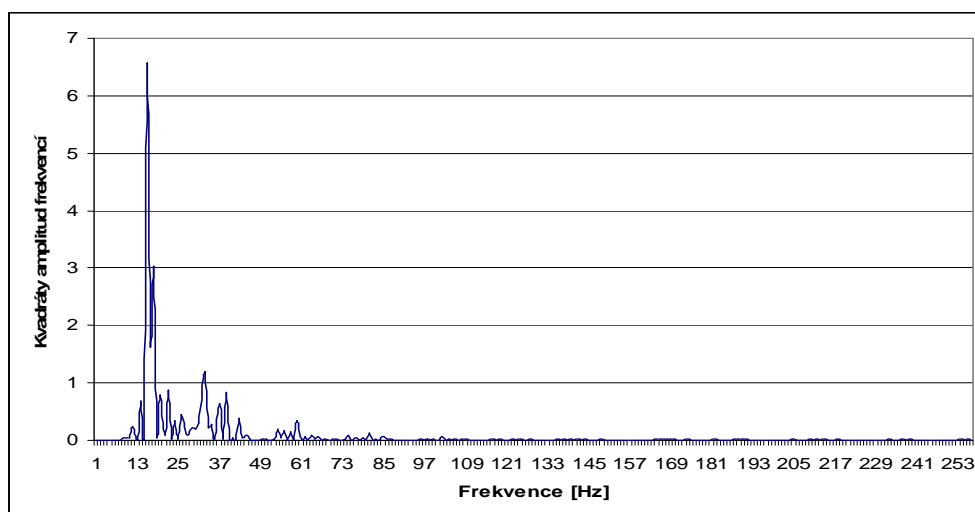
### Vzorek č. 1



### Nejspodnější vrstva



### 10. vrstva

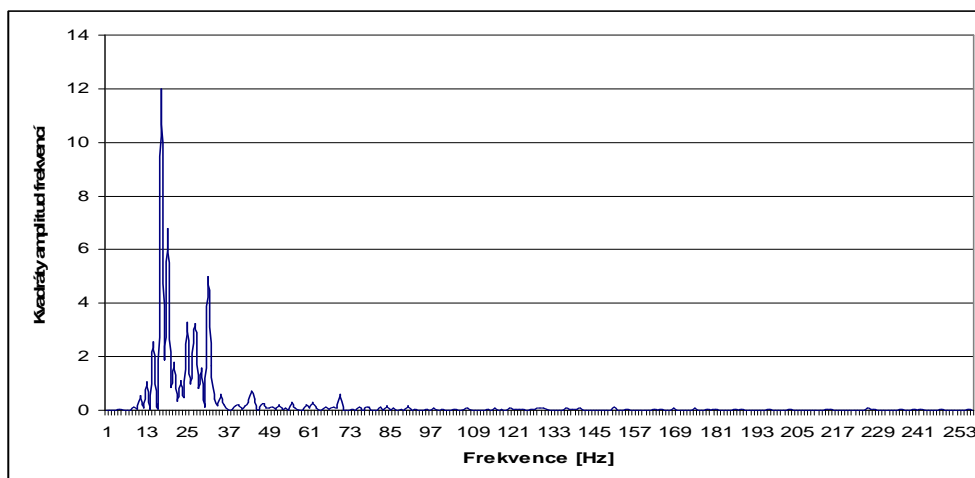


### 8. vrstva

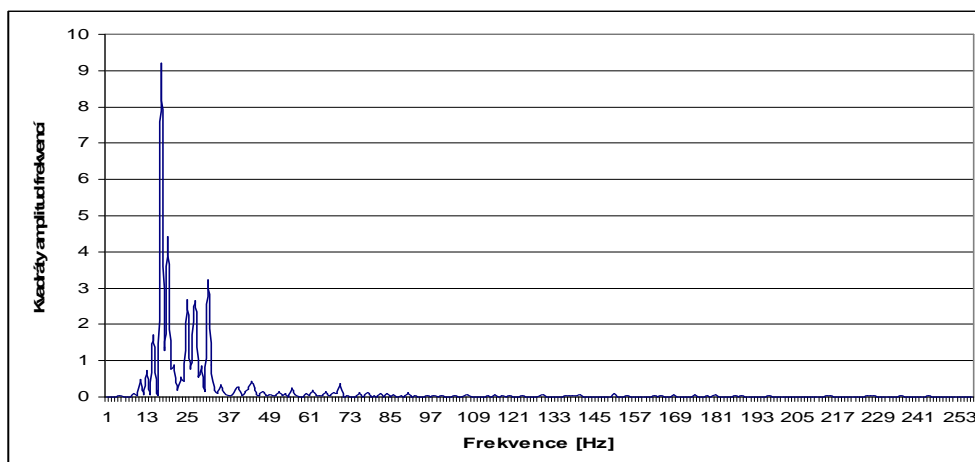


## Materiál č. 4 Pruh

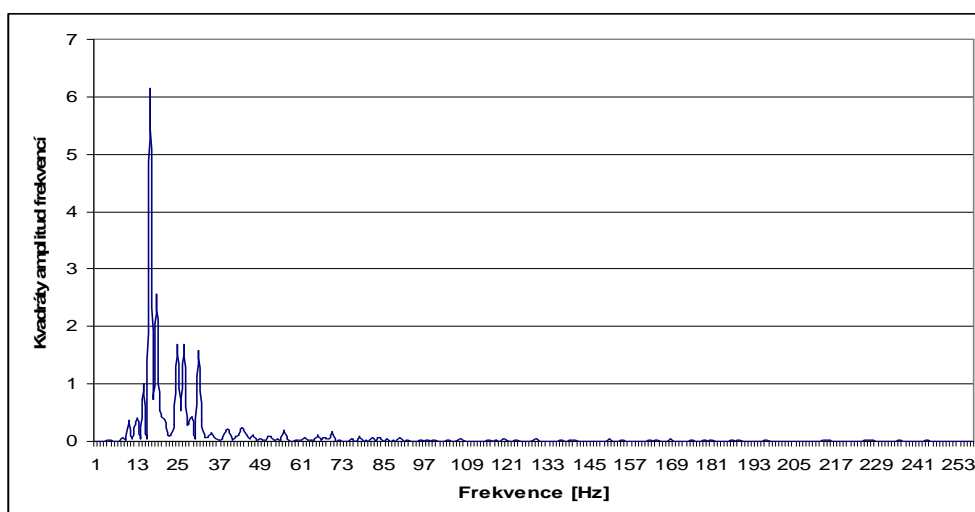
### Vzorek č. 2



### Nejspodnější vrstva



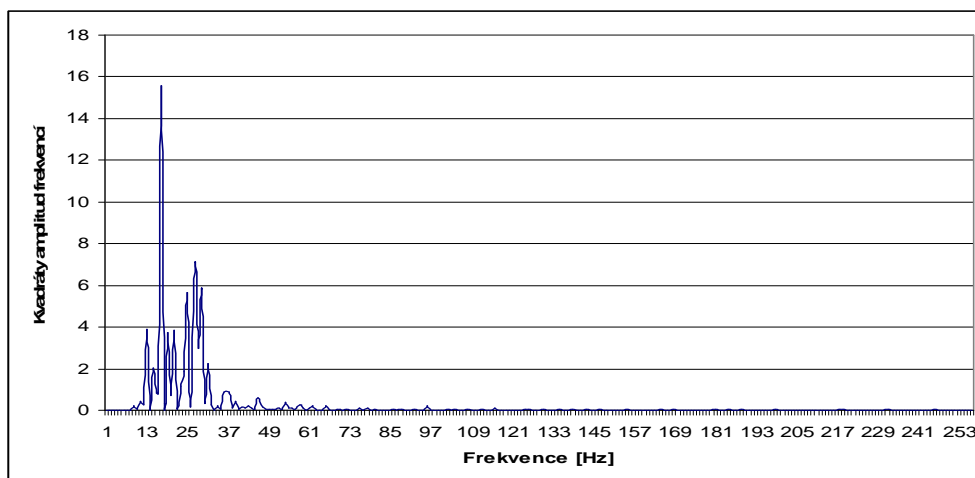
### 10. vrstva



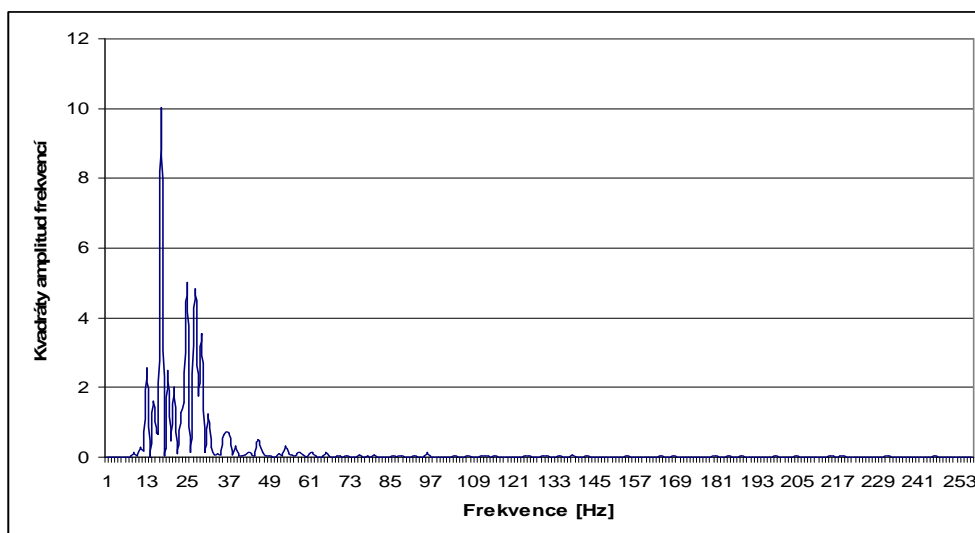
### 8. vrstva

## Materiál č. 4 Pruh

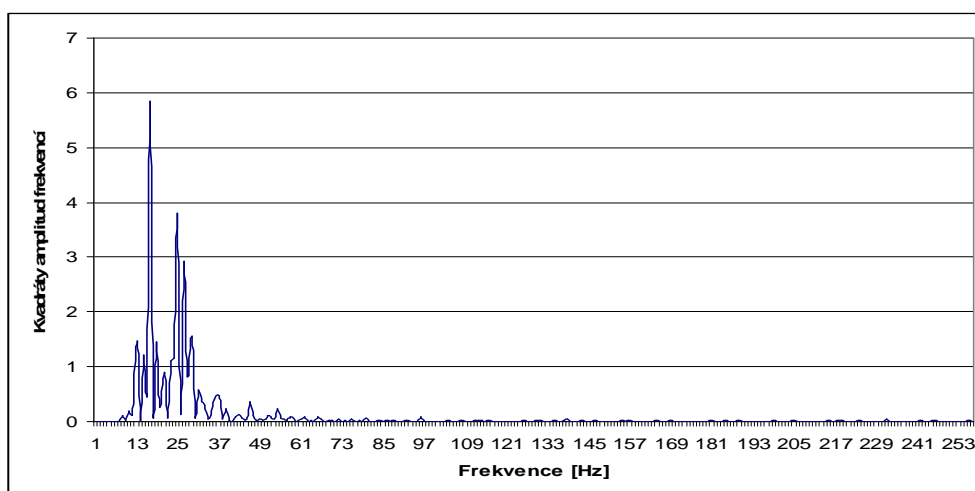
### Vzorek č. 3



### Nejspodnější vrstva



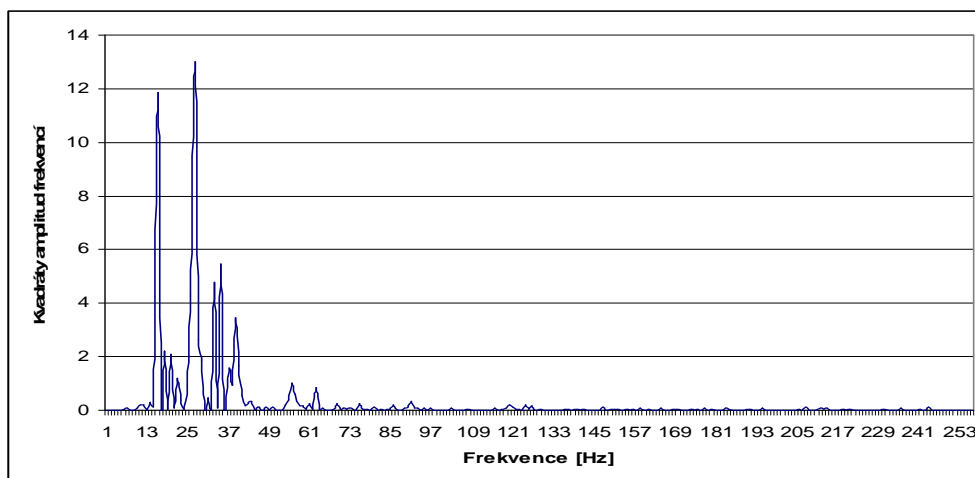
### 10. vrstva



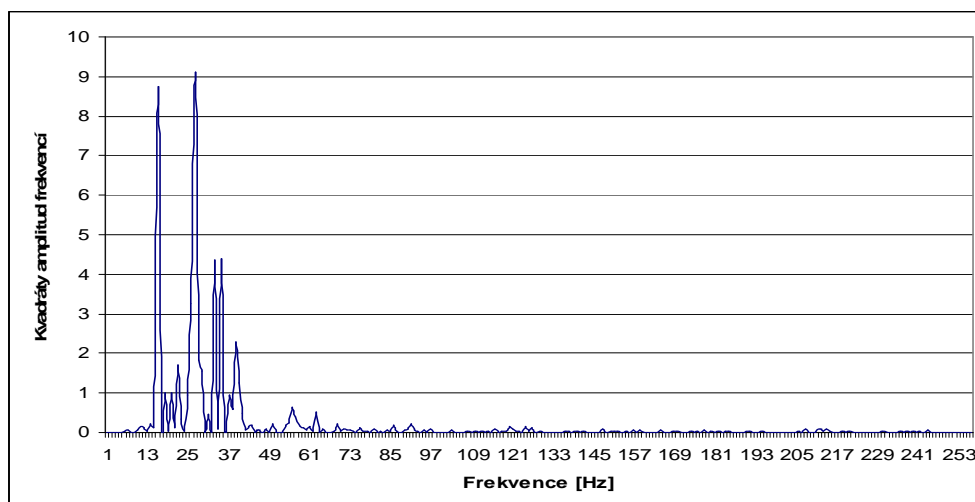
### 8. vrstva

## Materiál č. 4 Pruh

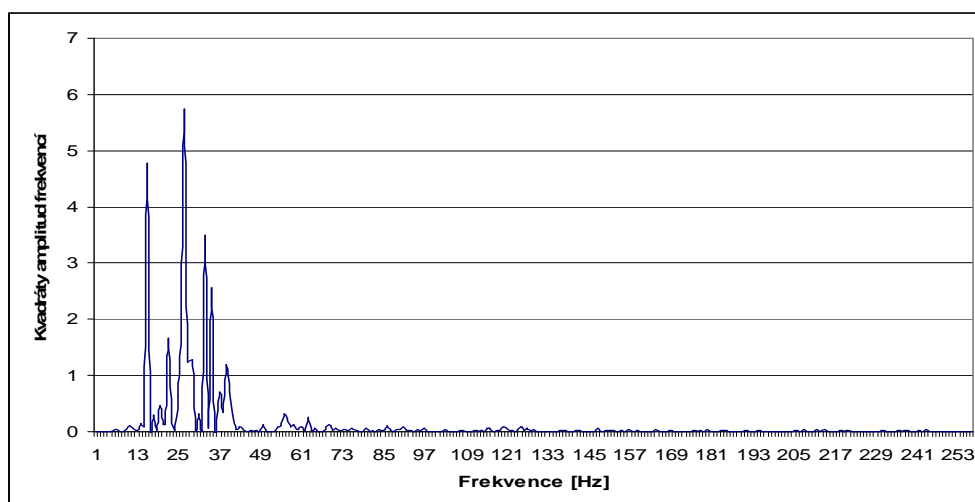
### Vzorek č. 4



### Nejspodnější vrstva



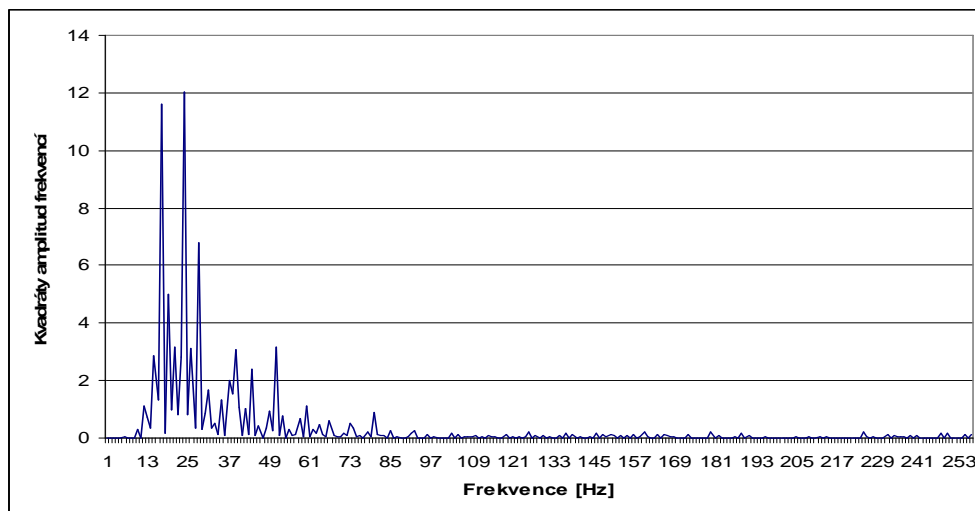
### 10. vrstva



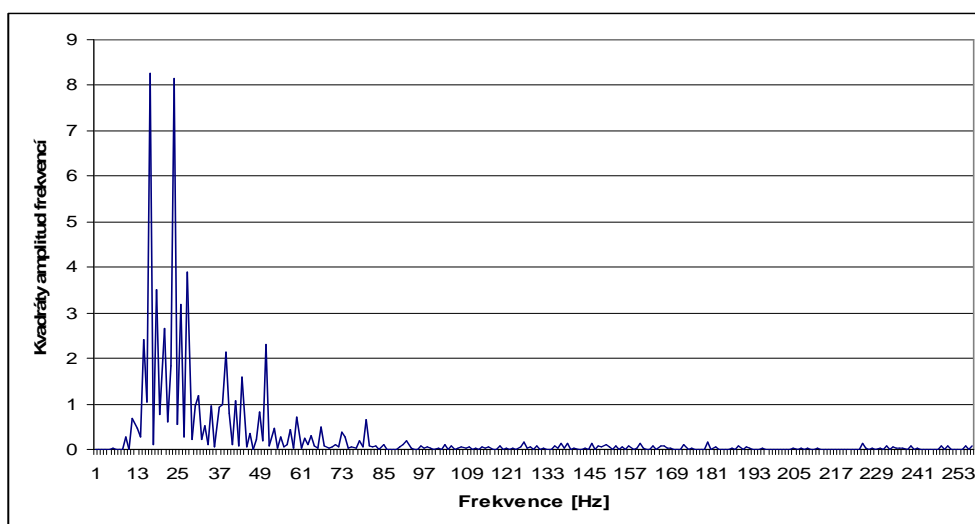
### 8. vrstva

## Materiál č. 4 Pruh

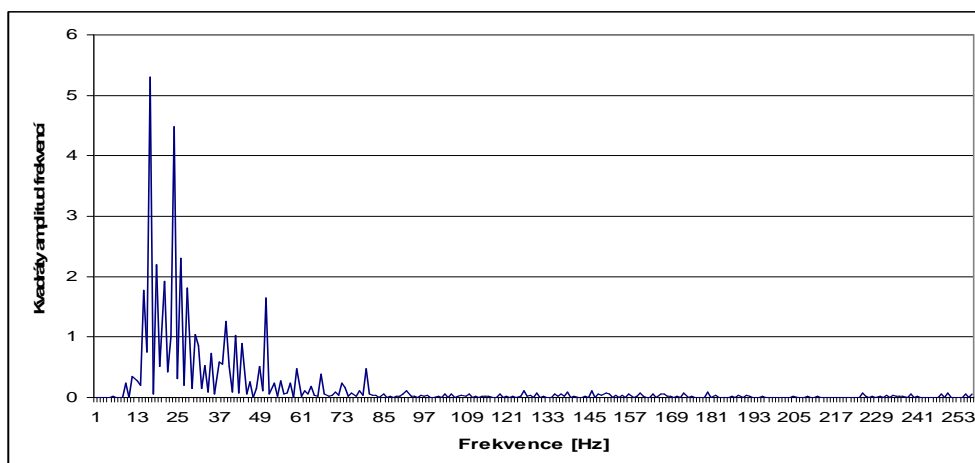
### Vzorek č. 5



### Nejspodnější vrstva



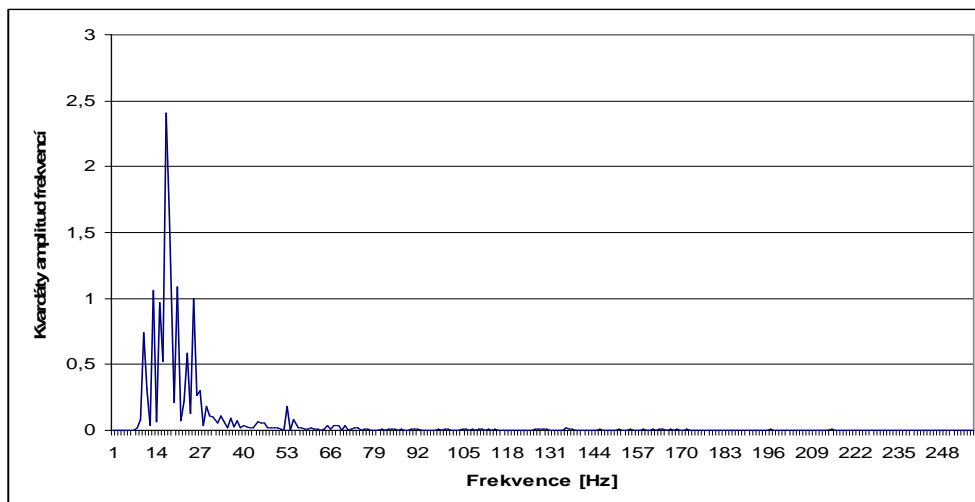
### 10. vrstva



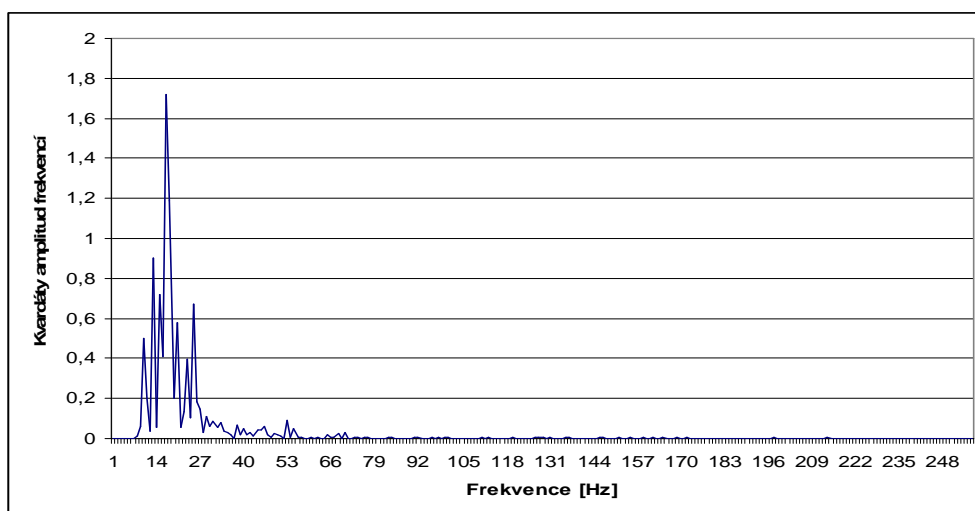
### 8. vrstva

## Materiál č. 5 Blue

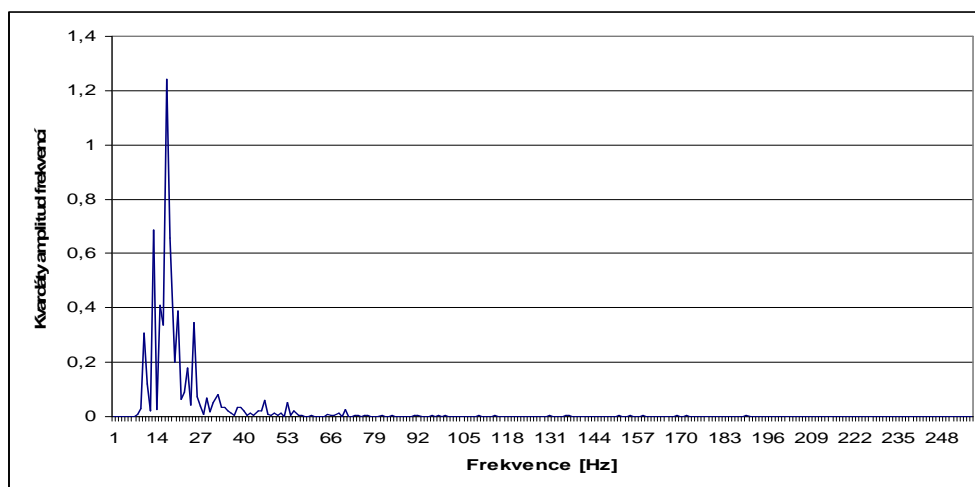
### Vzorek č. 1



### Nejspodnější vrstva



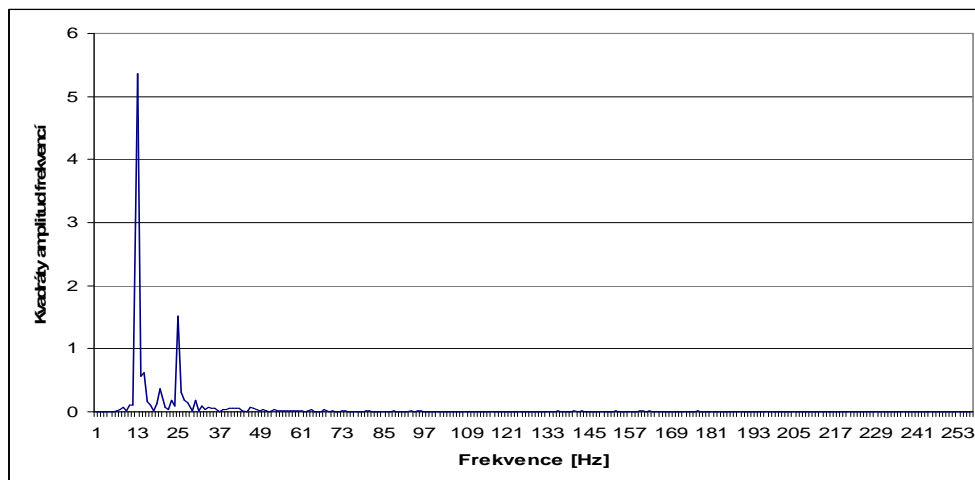
### 10. vrstva



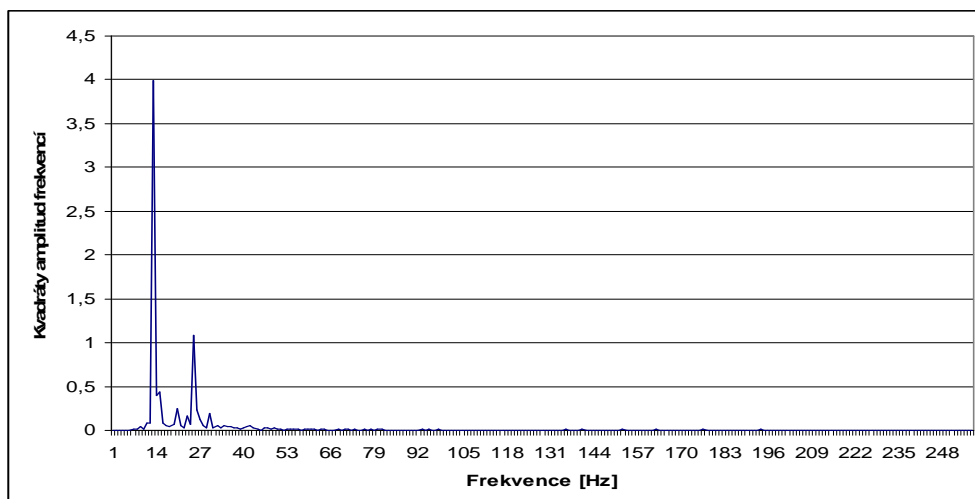
### 8. vrstva

## Materiál č. 5 Blue

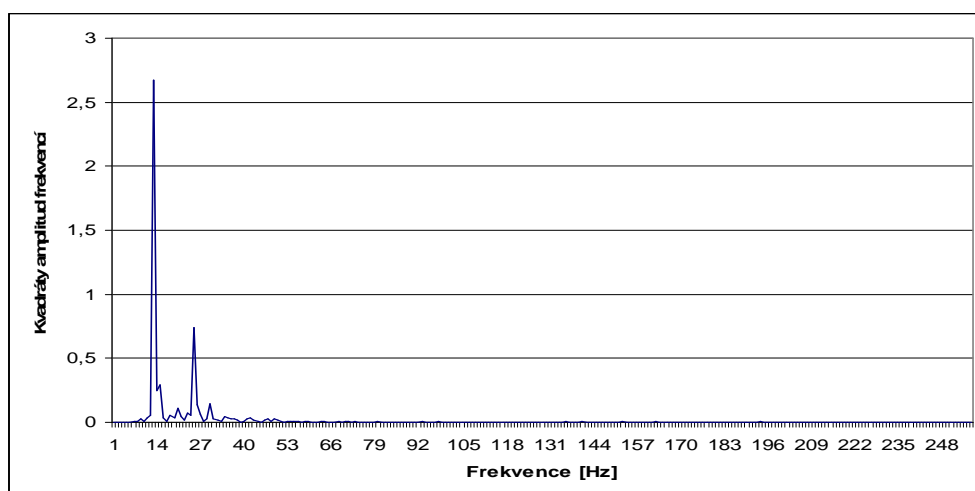
### Vzorek č. 2



### Nejspodnější vrstva



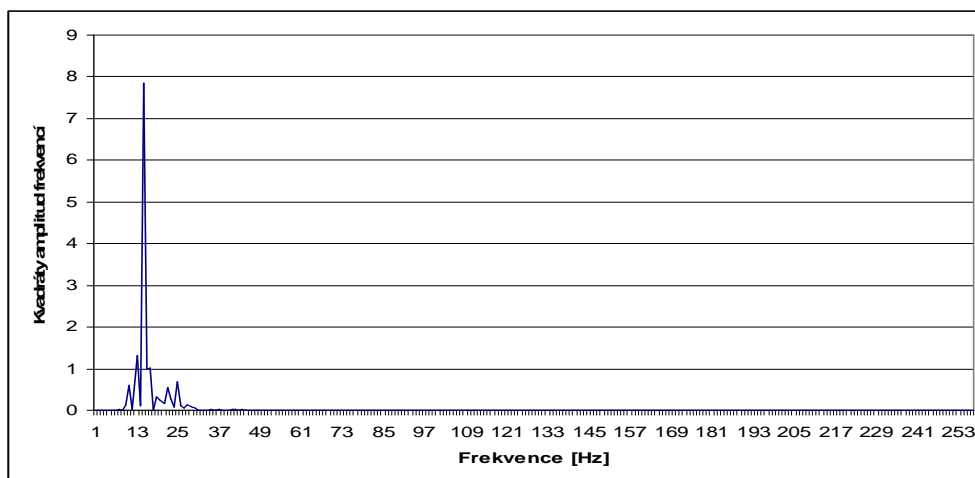
### 10. vrstva



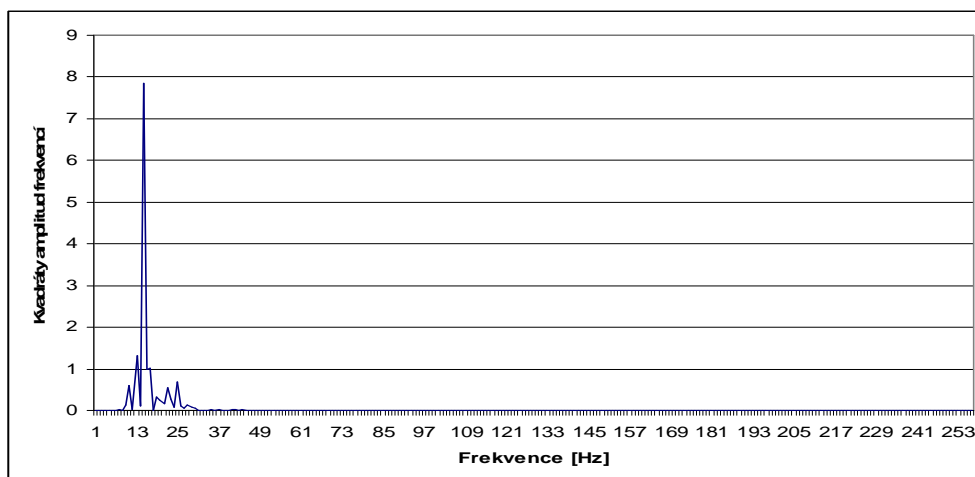
### 8. vrstva

## Materiál č. 5 Blue

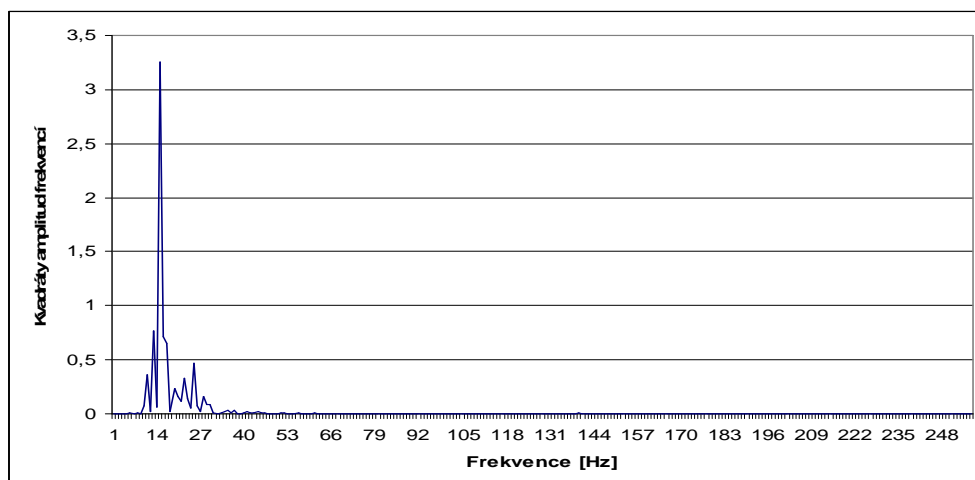
### Vzorek č. 3



### Nejspodnější vrstva



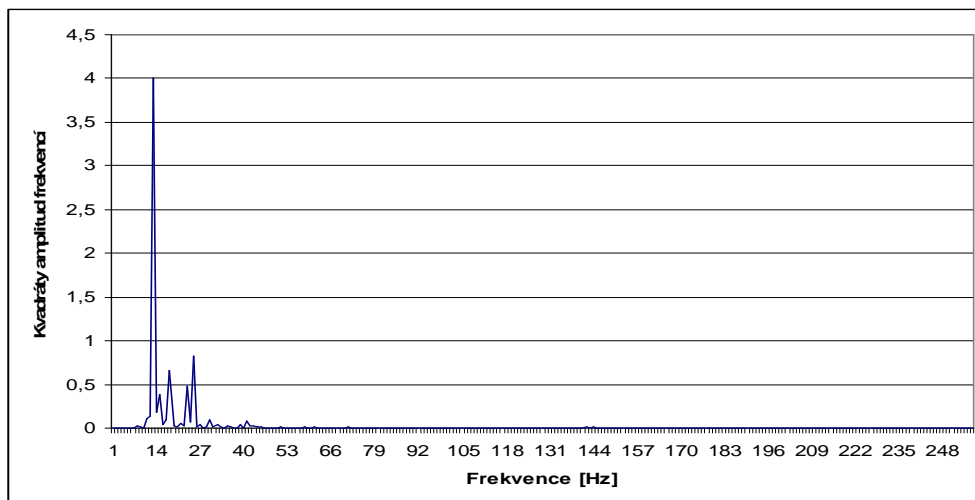
### 10. vrstva



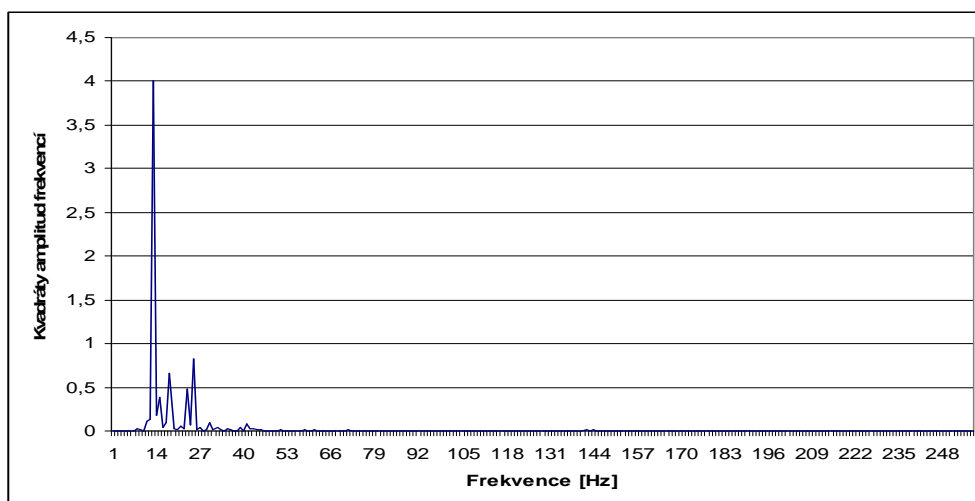
### 8. vrstva

## Materiál č. 5 Blue

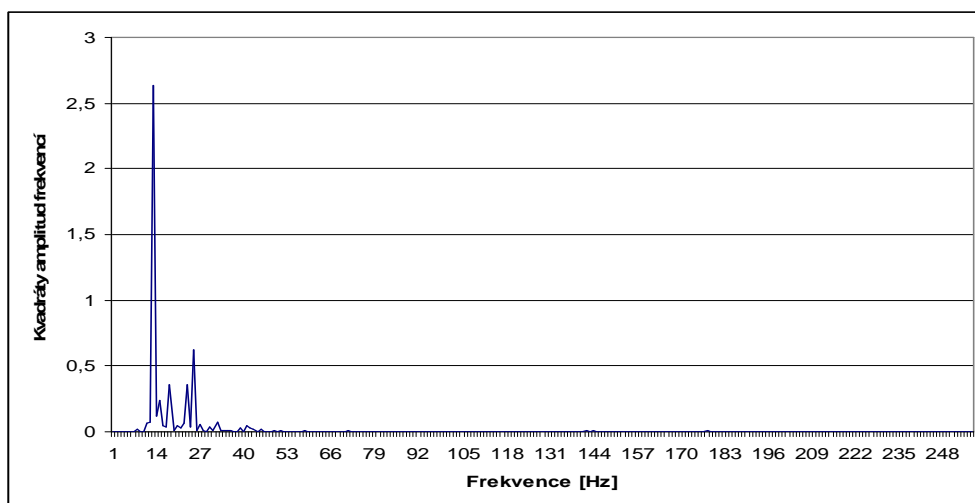
### Vzorek č. 4



### Nejspodnější vrstva



### 10. vrstva

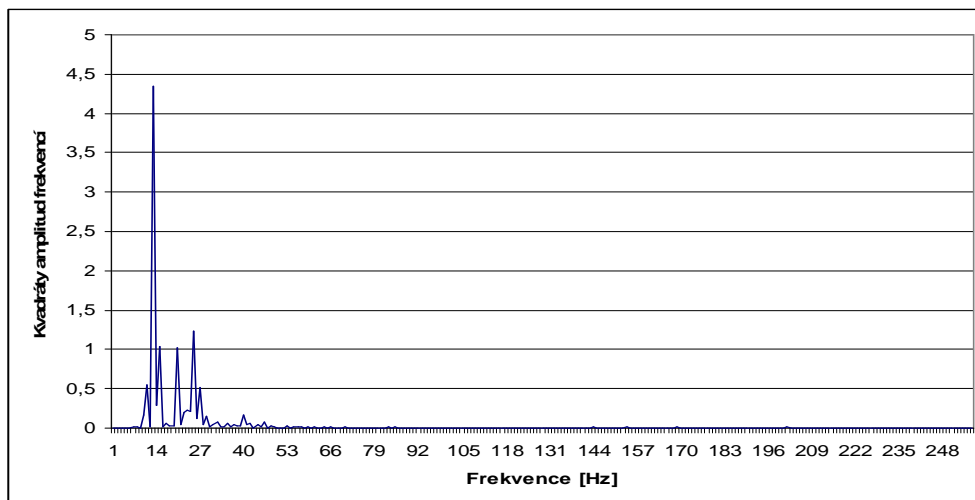


### 8. vrstva

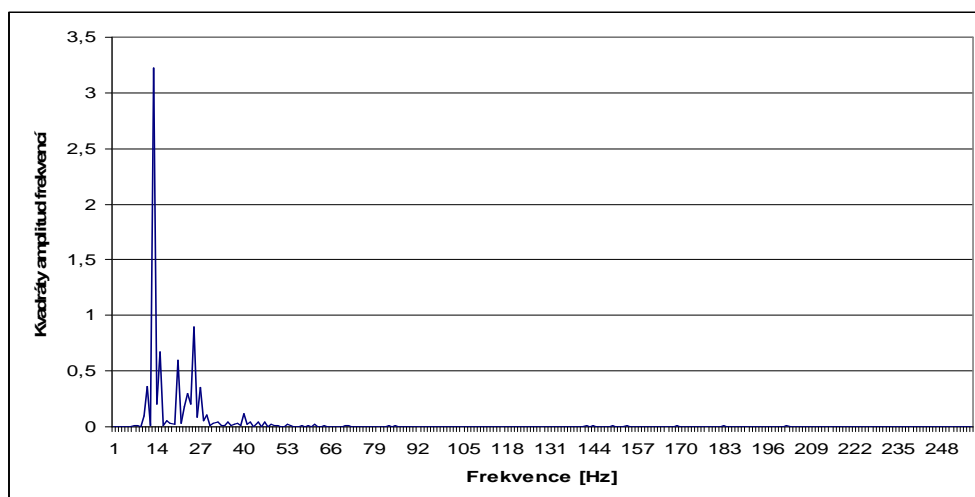


## Materiál č. 5 Blue

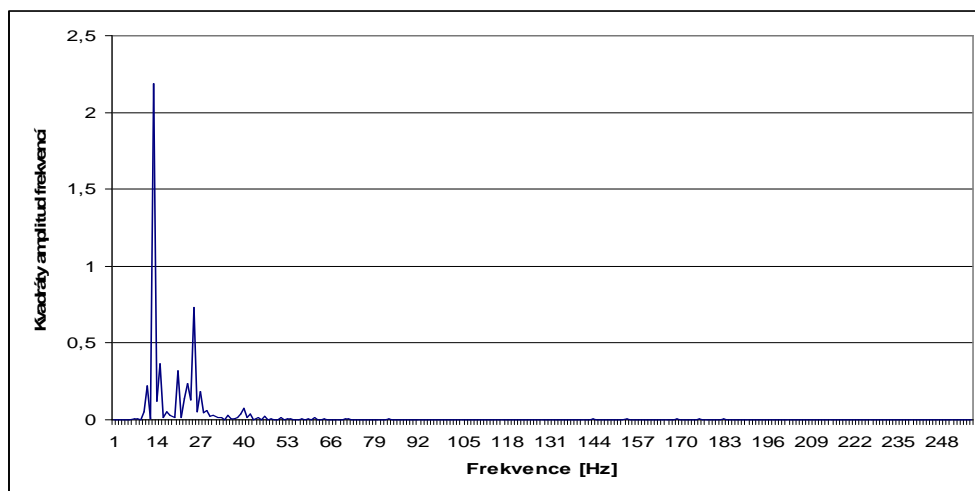
### Vzorek č. 5



### Nejspodnější vrstva



### 10. vrstva



### 8. vrstva

## **PŘÍLOHA 3**

**Matlab File – program pro vyhodnocení dat pomocí FFT**

```

clc
clear all
close all

load blue_1.dat
pom=blue_1;
a=pom(:,1);
b=pom(:,2);
c=pom(:,3);
d=pom(:,4);

% nalezeni nejkratsich "linii"
% ve smeru x
minx=100;
mini=0;
for i=1:length(a)
    if a(i)==0
        if mini<minx
            minx=mini;
        end;
        mini=0;
    else
        mini=mini+1;
    end;
end;

% ve smeru y
mini=0;
miny=100;
for i=1:length(b)
    if b(i)==0
        if mini<miny
            miny=mini;
        end;
        mini=0;
    else
        mini=mini+1;
    end;
end;

% ve smeru z
mini=0;
minz=100;
for i=1:length(c)
    if c(i)==0
        if mini<minz
            minz=mini;
        end;
        mini=0;
    else
        mini=mini+1;
    end;
end;

% ve smeru "d"
mini=0;
mind=100;
for i=1:length(d)
    if d(i)==0
        if mini<mind
            mind=mini;
        end;
        mini=0;
    else
        mini=mini+1;
    end;
end;

```

```

        else
            mini=mini+1;
        end;
    end;
end;

minx
miny
minz
mind
minx=min([minx miny minz]);
% orezani dat podle nejkratsich linii
% ve smeru x
ap=[]; bp=[]; cp=[]; j=0;
for i=1:length(a)
    j=j+1;
    if j<minx+1
        ap=[ap a(i)];
    elseif j==minx+1
        ap=[ap 0];
        if a(i)~=0
            j=minx+3;
        else
            j=0;
        end;
    else
        if a(i)==0
            j=0;
        end;
    end;
end;

% ve smeru y
j=0;
for i=1:length(b)
    j=j+1;
    if j<miny+1
        bp=[bp b(i)];
    elseif j==miny+1
        bp=[bp 0];
        if b(i)~=0
            j=miny+3;
        else
            j=0;
        end;
    else
        if b(i)==0
            j=0;
        end;
    end;
end;

% ve smeru z
j=0;
for i=1:length(c)
    j=j+1;
    if j<minz+1
        cp=[cp c(i)];
    elseif j==minz+1
        cp=[cp 0];
        if c(i)~=0
            j=minz+3;
        else
            j=0;
        end;
    end;
end;

```

```

        end;
    else
        if c(i)==0
            j=0;
        end;
    end;
end;

% j=5;

for j=1:minx
    level=j;
    ap1=[]; bp1=[]; cp1=[];
    for i=1:length(ap)/minx
        ap1(i)=ap((i-1)*minx+level);
        bp1(i)=bp((i-1)*minx+level);
        cp1(i)=cp((i-1)*minx+level);
    end
    % plot(ap1,bp1)
    % hold on
end

r=[];
fi=[];
for i=1:length(ap1)
    r(i)=(ap1(i)^2+bp1(i)^2)^0.5;
    if ap1(i)<0
        fi(i)=atand(bp1(i)/ap1(i))+180;
    elseif and((ap1(i)>0),bp1(i)<0)
        fi(i)=atand(bp1(i)/ap1(i))+360;
    else
        fi(i)=atand(bp1(i)/ap1(i));
    end;
end;
prum=mean(r)
r=r-prum;
for i=1:4
    r=[r r];
end;

filt=fir1(50,0.07,'high');
fil_r=filter(filt,1,r);
ft=fft(fil_r,512);
% plot(ft, '.')
pow_ft=ft.*conj(ft)/512;
r_cast=real(ft);
koef=abs(r_cast);
figure;
plot(pow_ft)
f=1000*(1:256)/512;
plot(f,pow_ft(1:256))
% end
% figure;

```